
Literatuurstudie aardbevingen en woningprijzen

Auteurs	Carl Koopmans en Ward Rougoor
Datum	15 april 2016
Rapportnummer	2016-27

Inleiding en aanpak

De Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) wil weten wat de effecten van (het risico op) aardbevingen op woningprijzen in de provincie Groningen zijn. Groningen is niet de enige plek in de wereld die kampt met aardbevingen. De internationale wetenschappelijke literatuur laat bovendien een aantal sprekende voorbeelden zien van studies die aardbevingen en andere natuurrampen, zoals overstromingen, in verband brengen met woningprijzen. Daarom heeft NAM aan SEO Economisch Onderzoek gevraagd om een internationaal literatuuronderzoek te doen naar de effecten van (het risico op) aardbevingen en andere natuurrampen op woningprijzen.

Selectie van onderzoeken

Er bestaat internationaal een zeer groot aantal artikelen en rapporten over effecten van (het risico op) aardbevingen en andere natuurrampen op woningprijzen. Dat zou te veel zijn om te beschrijven en te vergelijken. Bovendien is niet alle literatuur even relevant voor beantwoording van de vraag wat de effecten van (het risico op) aardbevingen op woningprijzen in Groningen zijn. Daarom is er een afbakening nodig van te onderzoeken studies binnen de internationale literatuur. Allereerst beperkt deze studie zich tot empirische resultaten. Studies die zich baseren op in de praktijk waargenomen effecten bieden immers de meest waardevolle inzichten. Onderzoek naar (het risico op) aardbevingen is het meest interessant. Als het om (het risico op) andere natuurrampen gaat is het relevant om te bezien of deze voortkomen uit menselijk handelen. Dit zou dan immers aansluiten bij de situatie in Groningen. Verder is onderzoek in Nederland relevanter dan onderzoek in andere landen omdat woningmarkten van land tot land aanzienlijk kunnen verschillen. Daarmee is echter niet gezegd dat het niet mogelijk is lessen te trekken uit andere landen. Een voorwaarde is dat de situatie in deze landen (bijvoorbeeld met betrekking tot de huizenmarkt) in voldoende mate vergelijkbaar is met die in Nederland. Ten slotte is de kwaliteit van het onderzoek van belang. Publicaties in gerenommeerde wetenschappelijke tijdschriften zijn door vakgenoten getoetst (*peer review*). Daarom hebben zij de voorkeur boven onderzoeksrapporten.

Samengevat heeft de meest ideale empirische studie de volgende kenmerken:

- Een onderzoek naar effecten van (het risico op) aardbevingen ...
- veroorzaakt door menselijk handelen ...
- op woningprijzen ...
- in Nederland ...
- gepubliceerd in een gerenommeerd wetenschappelijk tijdschrift.

Als we deze wensen allemaal tegelijk toepassen blijft er slechts één studie over, namelijk van de Vrije Universiteit (VU) (Koster en Van Ommeren, 2015). Er zijn naar ons oordeel tenminste twintig studies nodig om een redelijke basis te hebben om conclusies te kunnen trekken. Als we studies

selecteren die aan minimaal één van de wensen voldoen, gaat het om tenminste honderden onderzoeken, teveel om te bestuderen en te bespreken. Bovendien zou een groot deel van deze onderzoeken minder relevant zijn omdat ze gaan over sterk van ‘Groningen’ afwijkende situaties.

Tegen deze achtergrond is gekozen om studies te selecteren die op hoogstens twee punten afwijken van de genoemde wensen. Alle gevonden studies die aan dit criterium voldoen, zijn meegenomen in deze literatuurstudie. Bij het land waarin de onderzochte effecten zijn opgetreden, beschouwen we studies in andere ontwikkelde en deels ontwikkelde landen als één afwijking van de wens dat het om effecten in Nederland gaat, maar studies in ontwikkelingslanden beschouwen we als twee afwijkingen (niet in Nederland en niet in een (deels) ontwikkeld land). Deze werkwijze levert een selectie van ruim twintig onderzoeken op.

Daarnaast beschrijven we resultaten van een andere literatuurstudie, namelijk die van OTB (Groetelaers en De Wolff, 2016). Groetelaers en De Wolff onderzoeken “... *de(internationale) ervaringen met het bepalen van de effecten van (risico op) rampen (met natuurlijke dan wel menselijke oorzaak) met verwachte schade aan vastgoed op de verkoopbaarheid van woningen*”. Er bestaan kleine verschillen in de scope van beide studies. Zo zijn Groetelaers en De Wolff expliciet geïnteresseerd in de vraag welke onderzoeksmethodes het meest gebruikt worden en wat de voor- en nadelen zijn van verschillende methodes. Ons onderzoek is met name resultaatgeoriënteerd en stelt de uitkomsten van de studies centraal. De gebruikte methodiek is daarbij weliswaar relevant, maar neemt geen centrale positie in. Desalniettemin bestaan er veel overeenkomsten tussen deze studie en de studie van Groetelaers en De Wolff. Als zodanig leent de studie van Groetelaers en De Wolff zich om de conclusies van ons onderzoek mee te staven. Daar waar hun conclusies en die van onze studie elkaar versterken of juist van elkaar afwijken, komt dit in deze notitie expliciet aan de orde.

Werkwijze

Van elke publicatie is een korte samenvatting gemaakt. De nadruk ligt daarin op effecten in de periode na een natuurramp of na een daaraan gerelateerde gebeurtenis zoals de introductie van overheidsmaatregelen. Bij elke publicatie wordt kort beschreven welke type natuurramp het betreft en wordt informatie gegeven over de zwaarte daarvan (bij aardbevingen aan de hand van de schaal van Richter¹). Daarnaast beschrijven we welk effect in het betreffende onderzoek getoetst wordt en rapporteren we de grootte en (statistische) significantie van het gevonden effect.² Verder spelen wetenschappelijke kwaliteit en toepasbaarheid in of voorspellende waarde voor de Groningse situatie een belangrijke rol. Om die reden wordt ook aandacht besteed aan eventuele tekortkomingen die door de auteurs van de betreffende publicaties worden vermeld.

Annex 1 biedt een overzicht van alle onderzochte literatuur, waarbij steeds een aantal van de belangrijkste bevindingen (waaronder het soort natuurramp, het land waar deze plaatsvond, het gevonden effect en de onderzoeksmethode) is gerapporteerd. Literatuur die tot 29 februari 2016 openbaar beschikbaar is gekomen, is meegenomen in deze literatuurstudie; daarnaast is de in april voltooide studie van Bosker et al. (2016) opgenomen.

¹ In deze notitie duiden we aardbevingen tot kracht 3,9 aan als licht, van 4,0 tot 4,9 als gemiddeld, van 5,0 tot 5,9 als vrij krachtig, 6,0 tot 6,9 als krachtig en 7,0 tot 7,9 als zwaar.

² Een effect is statistisch significant als de kans klein is dat het om een niet-bestaand effect gaat. Daarbij wordt in de economische wetenschap vaak een bovengrens van 5% kans gehanteerd (soms 1% of 10%). Bij een statistisch insignificant effect is de kans dat het effect niet echt bestaat groter dan 5% (of 1% of 10%).

Samenvatting en conclusies

De internationale wetenschappelijke literatuur laat sprekende voorbeelden zien van studies die aardbevingen en andere natuurrampen, zoals overstromingen, in verband brengen met woningprijzen. Wie de beschikbare wetenschappelijke literatuur aan een analyse onderwerpt, moet allereerst concluderen dat aardbevingen en aardbevingsrisico's inderdaad effect kunnen hebben op woningprijzen. Maar de internationale literatuur levert ook belangrijke nuanceringen op. Onze belangrijkste bevindingen zijn:

- Woningprijzen in aardbevingsgebieden worden sterk beïnvloed door (subjectieve) percepties van aardbevingsrisico's. Deze percepties worden niet alleen bepaald door de feitelijke (objectieve) risico's, maar ook door bijvoorbeeld informatievoorziening en door opgetreden aardbevingen.
- Zowel de risicoperceptie van aardbevingen als het effect daarvan op de ontwikkeling van grond- of woningprijzen schommelt over de tijd.
- Media-aandacht kan invloed hebben op de risicoperceptie van aardbevingen, en daardoor ook op woningprijzen.
- Risicoreducerende maatregelen en financiële compensatie leiden tot hogere woningprijzen. Ook extra werkgelegenheid in de omgeving kan de woningprijzen positief beïnvloeden.
- Relatief grote effecten van aardbevingsrisico's op woningprijzen komen uit studies die gebruik maken van enquêtegegevens of andere geschatte woningwaardes. Als gebruik wordt gemaakt van gerealiseerde verkoopprijzen blijkt het effect meestal kleiner.
- De aardbevingen in Noord-Nederland zijn licht vergeleken met de aardbevingen in andere landen in de beschreven internationale literatuur. De gemeten prijseffecten zijn logischerwijs in Nederland kleiner (ca. 2 procent) of statistisch niet significant. De prijseffecten van het risico op aardbevingen lijken kleiner te zijn dan die van het risico op overstromingen.

Deze bevindingen zijn een indicatie voor de te verwachten effecten van (het risico op) aardbevingen op woningprijzen in Groningen. Elk van deze bevindingen wordt hieronder nader toegelicht. De tabel in Annex 1 van deze notitie biedt daarnaast een overzicht van alle onderzochte literatuur en de belangrijkste uitkomsten daarvan.

Woningprijzen in aardbevingsgebieden worden sterk beïnvloed door (subjectieve) percepties van aardbevingsrisico's. Deze percepties worden niet alleen bepaald door de feitelijke (objectieve) risico's, maar ook door bijvoorbeeld informatievoorziening en door opgetreden aardbevingen.

De internationale literatuur wijst uit dat vooral de *subjectieve percepties* van de aardbevingsrisico's van invloed zijn op de woningprijzen. Met andere woorden: niet alleen de feitelijke (objectieve) risico's beïnvloeden de woningprijzen, ook de bij uitstek subjectieve factor van de risicobeleving speelt een belangrijke rol. Groetelaers en De Wolff (2016) wijzen ook op het belang van percepties op basis van een literatuurstudie. Ze stellen bovendien dat hierdoor het effect op de woningprijzen groter kan zijn dan de geleden schade alleen.

Ook aardbevingen die zich voordoen of recent hebben voorgedaan, kunnen effect hebben op de risicoperceptie. Onderzoek in Japan wijst uit dat woningeigenaren het prijsverschil tussen woningen binnen en buiten aardbevingsgebied na een (zware) aardbeving in de nabije omgeving dubbel zo groot inschatten als ervoor. Vóór de beving onderschatten woningeigenaren het risico of onderkenden ze het niet, concluderen zij (Naoui et al., 2009). Een beknopte rapportage uit 2014 over

onderzoek naar geadverteerde woningprijzen in Istanbul duidt op een soortgelijk effect na een aardbeving in Oost-Turkije in 2011 (Keskin & Watkins, 2014). Beron et al. (1997) laten zien dat het ervaren (subjectieve) risico daalde na een opgetreden aardbeving in Californië.

Ander onderzoek naar woningprijzen in Californië laat zien dat de negatieve invloed van aardbevingsrisico's op gerealiseerde verkoopprijzen daar pas optrad na actieve communicatie over de ligging van de woningen in kwestie in een aardbevingsrisicogebied (Brookshire et al., 1985). Later onderzoek in de betreffende regio levert een soortgelijke conclusie op. Waarschuwingen van de overheid over aardbevingsrisico's hadden volgens deze studie een negatieve invloed op de risicoperceptie, en daarmee op de door woningbezitters geschatte woningwaarden (Bernkopf et al., 1990).

Zowel de risicoperceptie van aardbevingen als het effect daarvan op de ontwikkeling van grond- of woningprijzen schommelt over de tijd.

Volgens een studie naar de effecten van de (zware) Wenchuan-aardbeving in China kan het negatieve effect van een aardbeving op de risicoperceptie na verloop van tijd volledig verdwijnen. De onderzoekers concluderen dat door het verstrijken van de tijd de risicobeleving afneemt en dat hierdoor ook de risicoperceptie vermindert. Ze komen tot die conclusie na het in kaart brengen van de prijsverschillen tussen woningen op uiteenlopende verdiepingen van woontorens. Na de aardbeving nam volgens hun gegevens het prijsverschil tussen lager en hoger gelegen woningen toe ten nadele van de laatstgenoemde categorie. Dit effect was na een jaar echter weer verdwenen. De onderzoekers vergelijken het effect met de overreactie die bijvoorbeeld op aandelenbeurzen te zien is als zich een onverwachte gebeurtenis voordoet (Deng et al., 2015). In Nederland vinden Bosker et al. (2015) een negatief effect van 3 procent van aardbevingen op woningprijzen in de periode van de Huizinge beving tot aan de toezeggingen van minister Kamp in januari 2014. In de periode tussen januari 2014 en maart 2015 is het effect van aardbevingen op woningprijzen niet langer significant³.

Verschillende door Groetelaers en De Wolff (2016) beschreven studies stellen dat prijzen als reactie op een natuurramp in eerste instantie dalen en daarna weer stijgen. Een voorbeeld is het onderzoek naar het effect van (het risico op) overstromingen op huizenprijzen van Pryce et al. (2011). De onderzoekers hypothetiseren dat de actoren die woningprijzen bepalen enige mate van kortzichtigheid en geheugenverlies kunnen ervaren, waardoor waargenomen woningprijzen zullen afwijken van de berekende prijzen op basis van bestaande modellen.⁴ Een ander voorbeeld dat Groetelaers en De Wolff (2016) beschrijven is de studie van Tobin en Montz (1994), die vermoeden dat in gebieden waar zelden overstromingen optreden, het effect nog niet zal zijn verwerkt in de woningprijzen. Daardoor zullen prijzen in die gebieden in eerste instantie dalen als reactie op de overstroming en zich daarna weer herstellen.⁵

³ De studie van Kawawaki & Ota (1996) laat een tijdelijke stijging van de huren van woningen zien, maar deze stijging lijkt voort te komen uit grote aantallen verwoeste (onbewoonbare) woningen. Daarom is deze situatie niet goed vergelijkbaar met Groningen.

⁴ Pryce et al. (2011) toetsen deze hypothese echter niet op basis van empirische informatie. Daardoor betreft het slechts een theorie. Volgens Groetelaers en De Wolff is deze theorie goed onderbouwd en ook toepasbaar bij andere soorten rampen.

⁵ Tobin en Montz (1994) tonen op basis van empirische informatie (woningprijzen) aan dat opgetreden overstromingen in sommige gebieden meer invloed hebben op woningprijzen dan in andere gebieden. Zij toetsen echter niet empirisch of dit voortkomt uit een lager risico. Het aantal gebieden dat zij onderzoeken (3) is daarvoor te laag.

Media-aandacht kan invloed hebben op de risicoperceptie van aardbevingen, en daardoor ook op woningprijzen.

Onderzoekers die de effecten van de (zware) Loma-Prieta-aardbeving in Californië van 1989 onder de loep namen concluderen dat zowel de aardbeving zelf als de mediaberichtgeving die daarop volgde gevolgen had voor de risicoperceptie. Hierbij waren mensen aanvankelijk geneigd het risico te overschatten, maar stelden ze na verloop van tijd hun mening bij onder invloed van nieuwe informatie (Beron et al., 1997).

Waar de Loma-Prieta-onderzoekers aan media-aandacht uiteindelijk vooral een dempend effect op de risicoperceptie toedichtten, menen anderen juist een toename van het risicobewustzijn waar te nemen onder invloed van berichtgeving in de media. Zo lijkt een Turkse studie naar geadverteerde woningprijzen in Istanbul in de periode 1995-2000 er op te wijzen dat het negatieve effect van aardbevingsrisico's op de risicoperceptie toeneemt als de media over een aardbeving berichten. De onderzoekers concluderen dat mensen zich onder invloed van zulke berichtgeving over een (zware) aardbeving in een nabijgelegen provincie in 1999 meer bewust zijn geworden van de risico's van aardbevingen. Omdat hun studie een beperkte set controlevariabelen bevat, is het wel verstandig behoedzaam om te gaan met de resultaten (Önder et al., 2004).⁶

Risicoreducerende maatregelen en financiële compensatie leiden tot hogere woningprijzen. Ook extra werkgelegenheid in de omgeving kan de woningprijzen positief beïnvloeden.

Een factor waarvan een eenduidig (positief) effect op de woningprijzen te verwachten valt, zijn risicoreducerende maatregelen. Het kan hierbij gaan om zowel fysieke als financiële interventies. Als bijvoorbeeld de overheid door middel van preventieve bouwingsrepen de fysieke risico's vermindert, hebben mensen minder reden om zich hier zorgen over te maken. En vindt er reparatie of financiële compensatie plaats van door aardbevingen ontstane schade aan woningen, dan zal die schade waarschijnlijk een minder sterk negatief effect hebben op de woningprijzen dan wanneer zulke maatregelen achterwege blijven. Voor deze veronderstelde positieve effecten van fysieke en financiële maatregelen zijn in de wetenschappelijke literatuur meerdere aanwijzingen te vinden.

Allereerst lijkt onderzoek naar de effecten van aardbevingsrisico's in Tokyo tussen 1980 en 2001 te bevestigen dat maatregelen tegen fysieke risico's (instortingsgevaar) prijsverschillen tussen gebieden met een hoog en een laag risico kunnen verkleinen. Volgens deze studie liepen de grondprijnsverschillen sterk op gedurende de periode waarin veel mensen in enquêtes aangaven dat ze zich zorgen maakten over instortingsgevaar. Deze verschillen vlakten echter weer af toen de ongerustheid stabiliseerde. De onderzoekers vermoedden dat dit effect het gevolg was van preventieve maatregelen naar aanleiding van een zware aardbeving in 1995 (Nakagawa et al., 2009). Onderzoek op basis van enquêtes onder makelaars in Iran wijst in dezelfde richting. Hier komen de onderzoekers uit op een prijsverschil van vijftien procent tussen nieuwbouwwoningen met en zonder risicoreducerende maatregelen (Willis & Asgary, 1997). Groetelaers en De Wolff (2016) concluderen

⁶ Koster & van Ommeren (2015) vinden een toename van het effect van aardbevingen in de periode van 2008 t/m 2013 ten opzichte van de periode van 2002 t/m 2007. Zij vermoeden dat dit voortkomt uit de toename van (media) aandacht voor de aardbevingen. Dit mogelijke verband met media-uitingen toetsen zij echter niet op basis van empirische informatie.

op basis van de door hen geanalyseerde literatuur dat de (bouwkundige) kwetsbaarheid van woningen voor schade van invloed is op de risicoperceptie. Indien de risicoperceptie door lagere (bouwkundige) kwetsbaarheid lager is, zal ook het effect op woningprijzen naar verwachting kleiner zijn.⁷

Dat het menselijk handelen dat risico's met zich brengt ook positieve effecten kan hebben op woningprijzen, komt naar voren uit onderzoek naar effecten van schaliegasboringen in Pennsylvania. Bij deze vorm van gaswinning vormt vooral grondwaterverontreiniging een bekend risico. Hier staat echter tegenover dat veel woningbezitters aanspraak kunnen maken op royalty's en dat de gaswinning positieve werkgelegenheidseffecten heeft. Deze positieve effecten blijken een dempend effect te hebben op de negatieve gevolgen van schaliegasboringen op de woningprijzen (Muehlenbachs et al., 2015). Een andere studie naar schaliegaswinning tracht de effecten van werkgelegenheid afzonderlijk te meten. Dit leidt tot aanwijzingen (maar geen bewijs) dat extra werkgelegenheid de woningprijzen verhoogt (Bennett & Loomis, 2015).

Relatief grote effecten van aardbevingsrisico's op woningprijzen komen uit studies die gebruik maken van enquêtegegevens of andere geschatte woningwaardes. Als gebruik wordt gemaakt van gerealiseerde verkoopprijzen blijkt het effect meestal kleiner.

In Iran is op basis van een enquête onder makelaars een prijsverschil van 15 procent gevonden tussen nieuwbouwwoningen met en zonder aardbevingsrisico reducerende maatregelen (Willis en Asgary, 1997). Het effect van risico's van krachtige aardbevingen op de woningprijzen in Japan en Californië is op basis van enquêtes onder woningeigenaren geschat op min 8,2 procent tot min 13,5 procent (Naoi et al., 2009; Bernknopf et al., 1990). Deze effecten zijn groot vergeleken met studies die de effecten van risico's van minder sterke (zwarte) aardbevingen op feitelijke verkoopprijzen meten. Deze effecten liggen tussen min 2 procent en min 6 procent (Beron et al., 1997; Brookshire et al., 1985; Murdoch et al., 1993; Deng et al., 2015). De grote effecten bij enquêtes onderstrepen tevens nogmaals het grote belang van subjectieve percepties bij het inschatten van de gevolgen van aardbevingen.

De aardbevingen in Noord-Nederland zijn licht vergeleken met de aardbevingen in andere landen in de beschreven internationale literatuur. De gemeten prijseffecten zijn logischerwijs in Nederland kleiner (ca. 2 procent) of statistisch niet significant.⁸ De prijseffecten van het risico op aardbevingen lijken kleiner te zijn dan die van het risico op overstromingen.

Het internationale onderzoek is gericht op gebieden met (het risico op) veel zwaardere aardbevingen dan in Nederland. In vrijwel alle studies gaat het bovendien om tektonische aardbevingen, niet om aardbevingen door gasboringen. Mogelijk leidt de grotere ernst en onafwendbaarheid van de risico's in deze gevallen tot sterkere effecten dan in Nederland. Inderdaad bevinden de in ons land tot nu toe gemeten prijseffecten zich aan de onderzijde van het spectrum. Bosker et al. (2016) een

⁷ Groetelaers en De Wolff (2016) stellen ook dat de afname van verkoopbaarheid van woningen beperkt kan worden door bijvoorbeeld (al dan niet kunstmatige) schaarste op de markt, de aanwezigheid van een compensatieregeling, of het afsluiten van een verzekering. Dit is echter geen onderzoeksresultaat maar een vermoeden dat Groetelaers en De Wolff (2016) naar voren brengen bij het afbakenen van de in hun rapport beschouwde risico's.

⁸ Een effect is statistisch significant als de kans klein is dat het om een niet-bestaand effect gaat. Daarbij wordt in de economische wetenschap vaak een bovengrens van 5% kans gehanteerd (soms 1% of 10%). Bij een statistisch insignificant effect is de kans dat het effect niet echt bestaat groter dan 5% (of 1% of 10%).

meten een netto gemiddelde waardedaling van ongeveer 2 procent. Statistisch insignificante effecten komen naar voren bij Francke en Lee (2013, 2014)⁹ en CBS (2015). Volgens het CBS kan niet met zekerheid gesteld worden dat de woningprijzen in het risicogebied zich minder gunstig hebben ontwikkeld dan in het referentiegebied.

Het risico op overstromingen lijkt een veel grotere invloed te kunnen hebben op woningprijzen dan het risico op aardbevingen. Het prijseffect van risico op overstromingen varieert van circa min 1 procent (Bosker et al., 2013) tot min 9 procent (Daniel et al. 2009).

⁹ De door Francke en Lee gerapporteerde effecten zijn niet in alle gevallen statistisch insignificant. Afhankelijk van periode en methode zijn ook significante effecten gemeten.

Box 1 **Literatuurverkenning door OTB**

Groetelaers en De Wolff (2016) voeren een literatuurverkenning uit naar risico's die vergelijkbaar zijn met aardbevingsrisico en hoe deze de woningmarkt beïnvloeden. De onderzoeksvraag luidt:

“Wat zijn (internationale) ervaringen met het bepalen van de effecten van (risico op) rampen (met natuurlijke dan wel menselijke oorzaak) met verwachte schade aan vastgoed op de verkoopbaarheid van woningen?”

Groetelaers en De Wolff richten zich op de in de internationale literatuur aanwezige ervaring met het aantonen van prijseffecten, de wijze waarop deze worden gemeten en welke factoren van invloed zijn op de prijseffecten. De literatuurstudie beslaat in totaal achttien studies. De onderzochte (risico's op) rampen zijn overstromingen, bosbranden, cyclonen en stormen, vulkaanuitbarstingen, ontploffingen en nucleaire ongelukken, aardverschuivingen en aardbevingen.¹⁰ Per studie zijn steeds de hoofdvraag, context, hypothese, methode, de resultaten en de relevantie voor de Groningse situatie in kaart gebracht.

In het rapport wordt eerst ingegaan op de classificatie van risico's volgens Renn (2008). Hij stelt dat risico een 'mentaal model' is, waardoor de perceptie van risico's onder meer afhangt van de achtergrond en aard van personen. Volgens Renn is het belangrijk om in ogenschouw te nemen dat menselijk gedrag primair bepaald wordt door perceptie en niet door 'feiten', of door datgene wat door risicoanalisten en wetenschappers als 'feiten' wordt beschouwd. Hoe risico's doorwerken op de prijsvorming en de verkoopbaarheid van woningen, zal dus afhangen van de perceptie en is niet 'objectief' vast te stellen, aldus Renn.

Groetelaers en De Wolff (2016) concluderen op basis van verschillende artikelen dat het idee van risicoperceptie en het waarde-effect ervan lastig te bepalen zijn.

Groetelaers en De Wolff vinden dat de meest gebruikte methode om prijseffecten te onderzoeken die van de hedonische prijsanalyse is. Verder concluderen de auteurs dat een veelvoorkomend probleem een gebrek aan (goede) data is en dat de sterk wisselende institutionele setting ervoor zorgt dat gekwantificeerde resultaten zich niet eenvoudig laten vergelijken. De auteurs identificeren factoren die relevant zijn voor de Groningse situatie:

- Het is van belang om onderscheid te maken tussen daadwerkelijke risico's en risicoperceptie van een mogelijke ramp. Anders gesteld, wanneer er (in de omgeving) een ramp optreedt, kan het zelf ervaren van de effecten van die ramp ervoor zorgen dat de risicoperceptie meer in overeenstemming komt met het daadwerkelijke risico.
- De prijsdaling als gevolg van (risico op) een ramp kan groter zijn dan het verwachte schadebedrag.
- Een herhaling van rampen (bijvoorbeeld herhaaldelijk overstromen) zorgt verhoudingsgewijs voor een sterkere toename van de risicobeleving dan een eenmalige ramp. Deze herhaling heeft zodoende naar verwachting een groter effect op de waardeontwikkeling en verkoopbaarheid van woningen.
- Sommige typen woningen zijn (bouwkundig) minder kwetsbaar voor schade. Kennis hierover leidt tot verschillen in risicoperceptie, wat op zijn beurt weer effect kan hebben op de verkoopbaarheid van het betreffende type woningen.

¹⁰ De studies met betrekking tot aardbevingen die door Groetelaers en De Wolff zijn bestudeerd, zijn afzonderlijk opgenomen in deze literatuurstudie.

Onderzoek naar aardbevingen

Artikelen in wetenschappelijke tijdschriften

Koster & Van Ommeren (VU) (2015). A shaky business: Natural gas extraction, earthquakes and house prices.

Koster & Van Ommeren (2015) becijferen het effect van voelbare aardbevingen¹¹ op woningprijzen in Groningen. Ze stellen dat er drie mogelijke mechanismen zijn voor de invloed van aardbevingen op de prijzen van woningen:

1. Feitelijke schade aan woningen die niet wordt gerepareerd. Bewoners kunnen kiezen om de van NAM ontvangen compensatie niet te gebruiken voor het repareren van de ontstane schade. Als de schade wel wordt gerepareerd, zou de woningprijs niet dalen. Hiervoor verwijzen Koster & Van Ommeren naar Francke en Lee (2014). Francke en Lee stellen dat woningen in Groningen die schade op hebben gelopen als gevolg van een aardbeving niet voor een lagere verkoopprijs verkocht worden.
2. Aardbevingen in het verleden kunnen de verwachtingen met betrekking tot aardbevingen in de toekomst beïnvloeden. Hierover stellen Koster & Van Ommeren echter dat bewoners zijn verzekerd van compensatie door de NAM bij het optreden van schade door aardbevingen in de toekomst. Om deze reden verwachten Koster & Van Ommeren dat dit mechanisme niet zal leiden tot een afname in de woningprijzen.¹²
3. Het toegenomen risico op (fatale) verwonding en al het overige ongemak als gevolg van mogelijke aardbevingen in de toekomst. Dit laatste mechanisme staat centraal in de studie.

Koster & Van Ommeren gebruiken gegevens over aardbevingen in Groningen sinds 1991 en combineren deze met verkoopprijsgegevens tussen 1996 en 2013 van de Nederlandse Vereniging van Makelaars (NVM). De regressieanalyse meet het effect van voelbare aardbevingen op de logaritme van de woningprijs per vierkante meter. Hierbij wordt gecontroleerd voor karakteristieken van de woning (aantal kamers, type woning, garage, tuin, CV) en omgevingsvariabelen (populatie-dichtheid, vergrijzing en landgebruik). In de geprefereerde specificatie is het gemeten effect van aardbevingen op woningprijzen min 1,9 procent¹³ per aardbeving¹⁴. Dit effect betreft volgens Koster & Van Ommeren dus enkel het derde mechanisme aangezien zij beargumenteren dat de eerste twee mechanismen geen gevolgen zouden moeten hebben voor de woningprijzen.¹⁵ In de periode 1996 t/m 2001 is geen significant effect waarneembaar. Van 2002 t/m 2007 is het effect min 1,7 procent en van 2008 t/m 2013 is het min 1,9 procent per aardbeving. Koster & Van Ommeren wijten dit

¹¹ Koster & Van Ommeren definiëren voelbare aardbevingen als bevingen met een peak ground velocity (PGV) groter dan 0,5 cm. De zwaarste aardbeving in de steekproef van Koster & van Ommeren is 3,6 op de schaal van Richter (1935).

¹² Dit is een relatief vergaande assumptie. Het aanvragen van compensatie gaat waarschijnlijk gepaard met enig ongemak. Dit wordt nu gemeten als onderdeel van het derde mechanisme. In de vervolgstudie van Koster (2016) die hieronder wordt beschreven, wordt het effect van opgetreden aardbevingsschade afzonderlijk onderzocht.

¹³ In het Tinbergen Instituut discussiepaper dat aan het definitieve gepubliceerde paper vooraf ging, betrof het effect van aardbevingen op woningprijzen gemiddeld 1,2% en was de gemiddelde daling €2.200 per woning. In deze studie is uitgegaan van de gepubliceerde (meest recente) versie van het artikel.

¹⁴ Koster en Van Ommeren veronderstellen dat het effect van een aardbeving blijvend is; zij toetsen deze veronderstelling niet.

¹⁵ Voor zover de eerste twee mechanismen wel een rol (mee)spelen, zijn de effecten daarvan opgenomen in het effect dat Koster & Van Ommeren meten. In Koster (2016) wordt het effect van schade afzonderlijk gemeten.

aan de toename van (media) aandacht voor de aardbevingen. De gemiddelde daling in verkoopprijs bedraagt € 3.400 per woning per voelbare aardbeving, met daaromheen een relatief grote bandbreedte van € 1.900 tot € 11.300.¹⁶ Per aardbeving zijn de kosten in de provincie Groningen gemiddeld € 8 miljoen. Opgeteld over alle aardbevingen tot en met 2013 komt dit neer op € 169 miljoen (ongeveer € 600 per huishouden). De kosten per jaar zijn € 8,4 miljoen. Voor al deze getallen gelden relatief brede foutmarges.¹⁷ Koster & Van Ommeren schatten de jaarlijkse kosten van schadevergoedingen op € 11,9 miljoen. De publieke investeringen van € 1,2 miljard komen neer op ca. € 60 miljoen per jaar. De totale woningschade als gevolg van aardbevingen ($8,4 + 11,9 = € 20,3$ miljoen per jaar) is volgens Koster & Van Ommeren aanzienlijk kleiner dan de publieke investeringen van € 60 miljoen per jaar.

Koster (2016) (VU). Gaswinning, aardbevingen en huizenprijzen.¹⁸

Koster (2016) bouwt voort op het hierboven beschreven artikel van Koster en Van Ommeren (2015). Allereerst zijn gegevens uit 2013 en 2014 toegevoegd. De conclusie is dan dat een voelbare aardbeving leidt tot een prijsdaling van 1,6 procent. Dit effect is iets kleiner dan in Koster en Van Ommeren (2015): daar is het min 1,9 procent¹⁹. Hieruit concludeert Koster (2016) dat de uitkomsten van Koster en Van Ommeren (2015) robuust zijn. Vervolgens voegt Koster een variabele aan de analyse toe die schade aan woningen representeert. Hierdoor kan hij afzonderlijk de effecten van materiële schade en niet-materiële schade meten. Materiële schade omvat bijvoorbeeld scheuren in de muren en verzakkingen. Immateriële schade is de door bewoners ervaren aantasting van het woongenot en angst en onzekerheid over de toekomst. Een stijging van één procentpunt van het aandeel woningen met schade in een postcode-4 gebied²⁰ leidt volgens deze analyse tot een daling van de woningprijzen met ongeveer 0,2 procent. Het effect van voelbare aardbevingen is dan echter niet meer statistisch significant. Volgens Koster is het aandeel woningen met schade mogelijk een betere maatstaf van immateriële schade dan het aantal voelbare aardbevingen.

Deng et al. (2015). Do natural disasters cause an excessive fear of heights? Evidence from the Wenchuan earthquake.

Deng et al. (2015) onderzoeken het effect van de zware Wenchuan aardbeving²¹ in China in 2008 op de prijzen van appartementen op verschillende verdiepingen van woontorens. Deng et al. testen de hypothese dat mensen het aardbevingsrisico op de hogere verdiepingen van woontorens als hoger inschatten dan op de lagere verdiepingen²². Zij gebruiken verkoopprijsgegevens van nieuw

¹⁶ De gegevens van Koster en Van Ommeren betreffen gemiddeld 1,8 voelbare aardbevingen per woning die door minstens 1 voelbare beving is getroffen. Voor de woningen die door een voelbare beving is getroffen, is het gemiddelde prijseffect dus $1,8 \times 1,9 = 3,4\%$ (oftewel $1,8 \times € 3400 = € 6100$).

¹⁷ De onder en bovengrens voor de totale kosten zijn respectievelijk € 91 en € 557 miljoen en vormen dus een ruime bandbreedte rondom € 169 miljoen.

¹⁸ Deze studie is niet gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift maar is op deze plaats opgenomen in verband met de relatie tot Koster en Van Ommeren (2015).

¹⁹ Dit effect betreft volgens Koster en Van Ommeren (2015) alleen niet-materiële schade. Bij de beschrijving van Koster en Van Ommeren (2015) hierboven constateren we dat dit effect ook materiële schade kan bevatten.

²⁰ Een postcode-4 gebied komt veelal overeen met een kleine gemeente of een stadswijk.

²¹ 7,9 op de schaal van Richter (U.S. Geological Survey).

²² Dit zou het gevolg kunnen zijn van het feit dat een aardbeving op de hogere verdiepingen sterker gevoeld wordt. Daarnaast is het mogelijk dat mensen op de lagere verdiepingen het gevoel hebben het gebouw sneller te kunnen ontvluchten.

gebouwde appartementen. Daarbij controleren zij voor de grootte van de appartementen.²³ Zij schatten twee modellen:

- Het eerste model schat het verschil in verkoopprijs van appartementen voor en na de aardbeving. De prijs van appartementen op de eerste of tweede verdieping was in de periode na de aardbeving gemiddeld 2,6 procent hoger dan de prijs van appartementen op de zevende verdieping of hoger. In de periode voor de aardbeving was er geen significant prijsverschil waarneembaar. Ook de relatieve prijs van de appartementen op de verdiepingen drie tot en met zes is na de aardbeving in relatieve zin toegenomen ten opzichte van appartementen op de zevende verdieping of hoger. Dicht bij de breuklijn zijn de gevonden effecten groter dan op grotere afstand.
- Het tweede model schat dezelfde prijsverschillen maar splitst deze na de aardbeving uit in periodes van steeds 30 dagen. De relatieve prijzen van de lagere verdiepingen beginnen vanaf ongeveer 60 dagen na de aardbeving te stijgen ten opzichte van appartementen op de hoger gelegen verdiepingen. Het prijsverschil tussen appartementen op de eerste en tweede verdiepingen ten opzichte van de zevende verdieping of hoger loopt op tot 4,4 procent na 270 dagen. Daarna dalen de prijsverschillen weer. Vanaf 360 dagen na de aardbeving zijn geen significante prijsverschillen meer zichtbaar. Daarmee zijn de relatieve prijzen terug op het niveau van voor de aardbeving. Ook appartementen op de derde tot en met zesde verdieping maken een tijdelijke relatieve prijsstijging door ten opzichte van de appartementen op de zevende verdieping of hoger. Ook voor het tweede model geldt dat de prijsverschillen dichtbij de breuklijn meer uitgesproken zijn.

Deng et al. concluderen dat de perceptie van aardbevingsrisico verschilt per verdieping en dat de aardbeving in Chengdu deze perceptie tijdelijk heeft versterkt. Omdat de prijsverschillen na een periode van ongeveer een jaar weer terugkeren naar het relatieve niveau van voor de aardbeving spreken Deng et al. van een overreactie, zoals bijvoorbeeld ook op de aandelenbeurzen zichtbaar is bij het aan het licht komen van een nieuwe en onverwachte gebeurtenis.

Nakagawa et al. (2009). Earthquake risks and land prices: evidence from the Tokyo Metropolitan Area.

Nakagawa et al. (2009) onderzoeken het effect van aardbevingsrisico in Tokyo op grondprijzen tussen 1980 en 2001. Als afhankelijke variabele nemen zij de grondprijzen zoals gepubliceerd door de National Land Agency. De belangrijkste verklarende variabele is een maatstaf voor instortingsgevaar als gevolg van een aardbeving, waarin vijf verschillende risicocategorieën worden onderscheiden.²⁴ Daarnaast worden in de regressie controlevariabelen opgenomen voor de ligging (ten opzichte van Tokyo Station), regionaal huishoudinkomen en geldende bouwregulering. Een prijsverschil tussen land in de laagste risicocategorie met land in de gematigde risico categorieën is niet aantoonbaar (niet statistisch significant). Wel wordt een sterk significant effect gemeten voor het verschil in grondprijzen tussen de laagrisicogebieden en de gebieden met het hoogste risico. Dit effect is in 1980 nog niet zichtbaar, voor 1985 wordt echter een significant effect van min 5 procent voor de hoogrisicogebieden gemeten. Dit verschil loopt op tot min 9 procent in 1990, bijna min 11 procent in 1994 en zakt in 1996 weer naar min 9 procent en vervolgens in 2000 en 2001 verder

²³ In de meeste vergelijkbare studies worden meer controlevariabelen gebruikt maar omdat het hier gaat om meer vergelijkbare woningen (namelijk appartementen op verschillende verdiepingen van een appartementencomplex) hebben de auteurs ervoor gekozen slechts een beperkte set woningkenmerken op te nemen.

²⁴ Het artikel geeft aan dat Tokyo eerder is getroffen door aardbevingen van de "severest class". In 1923 was er een aardbeving met een kracht van 7,9 op de schaal van Richter (U.S. Geological Survey). Het gaat dus om een risico van een zeer zware aardbeving.

naar ongeveer min 7 procent. Nakagawa et al. vinden geen eenduidig effect van de zware Hanshin-Awaji aardbeving in 1995, noch van de introductie van een meer gedetailleerde aardbevingsrisico kaart in 1998. In plaatst daarvan stellen ze dat aardbevingsrisico al sinds de jaren 80 is ingeprijsd in de grondprijzen. Als aanvullend bewijs rapporteren Nakagawa et al. de resultaten van een enquête naar de mate waarin huishoudens zich zorgen maken over aardbevingsrisico. In 1984 gaf ongeveer 73 procent van de ondervraagden aan zich zorgen te maken over aardbevingen. In 1989 was dit percentage gestegen tot 83 procent en bleef daarna redelijk stabiel. Dit gestegen bewustzijn is min of meer in lijn met de groter wordende grondprijzverschillen tot en met begin jaren 90.

Tot slot opperen Nakagawa et al. de mogelijkheid dat de afname in prijsverschil tussen hoog- en laagrisico grond vanaf 1994 het gevolg zou kunnen zijn van de golf van preventiemaatregelen die naar aanleiding van de vernietigende aardbeving in 1995 zijn getroffen. Deze preventie heeft met name effect gehad op het risico in de meest dichtbevolkte gebieden. Als gevolg hiervan is het aannemelijk dat de grondprijzen in de meest risicovolle gebieden in verhouding weer iets zijn verbeterd.

Naoi et al. (2009). Earthquake risk and housing prices in Japan: Evidence before and after massive earthquakes.

Naoi et al. (2009) onderzoeken het effect van krachtige²⁵ aardbevingen op de waarde van woningen in Japan zoals ingeschat door de woningeigenaren zelf. Geen van de steden en woningen in de data zijn in de onderzoeksperiode (2004-2007) direct getroffen door een zware aardbeving. Er zijn echter wel zware aardbevingen geweest in andere steden in dezelfde *prefecture* (provincie) waardoor de perceptie van het aardbevingsrisico kan zijn beïnvloed. Deze studie meet dus vooral het effect van percepties van aardbevingsrisico op de waarde van de woning.

De gebruikte gegevens komen uit enquêtes onder huishoudens, waarin respondenten de waarde van de eigen woning inschatten (geschatte verkoopprijs in de huidige markt). Deze enquête is in 2004 door 4005 respondenten beantwoord. De enquête is vervolgens herhaald in de jaren 2005-2007. De analyse becijfert het effect van een zware aardbeving in het voorgaande jaar op de inschatting van de waarde van de eigen woning. Naoi et al. laten zien dat het effect van het aardbevingsrisico op de woningprijzen in de periode na een zware aardbeving sterker is²⁶. De perceptie van dit risico verandert sterk na een zware aardbeving en heeft dus ook gevolgen voor de woningprijzen. In de periode na een aardbeving is het door woningeigenaren geschatte prijsverschil tussen woningen binnen en buiten aardbevingsgebieden dubbel zo groot als ervoor. Hieruit trekken ze de conclusie dat huishoudens in de periode voor een zware aardbeving het risico niet onderkennen, of het risico onderschatten.²⁷ Naoi et al. stellen dat betere informatievoorziening door de overheid met betrekking tot het aardbevingsrisico ervoor zou kunnen zorgen dat huishoudens dit niet onderschatten. Dit zou vervolgens investeringen in preventie ten goede moeten komen.

²⁵ Het artikel stelt dat aardbevingen met een kracht van 5,5 of meer op de schaal van Richter, in Japan tussen 1980 en 2000 gemiddeld 1,14 keer per jaar optraden. We veronderstellen dat een deel van deze bevingen een kracht van 6 of meer heeft.

²⁶ Het artikel geeft geen schatting van de omvang van dit effect. Op basis van de cijfers in tabel 1 en tabel 3 kan worden berekend dat het bijvoorbeeld bij koopwoningen gaat om een daling met $(1 - \exp(-0,2988 \times 0,642 + 0,0468)) = 13,5\%$.

²⁷ Het is echter niet met zekerheid te stellen dat voor de aardbeving sprake was van een onderschatting. Mogelijk is na de aardbeving juist sprake van een overschatting.

Önder et al. (2004). The impact of public perception of earthquake risk on Istanbul's housing market.

Önder et al. onderzoeken het effect van de publieke perceptie van aardbevingsrisico in Istanbul op de ontwikkeling van de woningprijzen tussen 1995 en 2000. In 1999 werd de nabijgelegen provincie Kocaeli getroffen door een zware²⁸ aardbeving. Dit heeft veel media-aandacht gegenereerd waardoor het risico van aardbevingen mogelijk is toegenomen in de publieke perceptie. Önder et al. verwachten bovendien dat de waarschuwingen van geologen met betrekking tot de nabijheid van de breuklijn en de verhoogde risico's van het wonen op bepaalde typen ondergrond invloed hebben gehad op de risicoperceptie van aardbevingen. Om die reden is aardbevingsrisico in deze studie ingeschat op basis van de afstand tot de breuklijn en het bodemtype. Bodemtype is geïnclassificeerd in 16 categorieën waarbij 16 het hoogste risico kent en 1 het laagste risico vertegenwoordigt. De woningprijzen zijn verzameld op basis van advertenties in dagbladen in 1995 en 2000. Önder et al. zeggen hierover dat geen betere data beschikbaar is. Dit heeft ook gevolgen voor de controlevariabelen die aan de regressie kunnen worden toegevoegd. Deze zijn beperkt tot de leeftijd van de woning, de afstand tot het *Central business district* en of de woning zich bevindt in het Europese of Aziatische deel van Istanbul. De analyse vindt plaats op het niveau van wijken, niet op het niveau van individuele woningen.

Önder et al. voeren twee regressieanalyses uit. De eerste analyse toetst het effect van de twee aardbevingsrisico-variabelen op de *hoogte* van de woningprijzen (per vierkante meter). Deze regressie voeren Önder et al. uit voor zowel 1995 als 2000 en bevat tevens de beperkte set controlevariabelen. De afstand tot de breuklijn heeft een significante positieve impact op de gemiddelde woningprijs²⁹. Voor bodemtype stellen Önder et al. in een kwadratische specificatie een relatie met woningprijzen vast. Het prijsverschil is met name aanwezig tussen de meest veilige en de iets minder veilige bodemtypen maar vlt uit in de hogere risicocategorieën. Het effect van de twee aardbevingsrisico-variabelen op de gemiddelde woningprijzen is groter in 2000 dan in 1995. Önder et al. concluderen hieruit dat mensen zich inderdaad meer bewust zijn geworden van de risico's van aardbevingen. Hierdoor zijn deze variabelen zwaarder gaan wegen in de woningprijzen.

De tweede regressieanalyse beoogt het effect van de twee aardbevingsrisico-variabelen op de verandering van de woningprijzen tussen 1995 en 2000 te toetsen. Geen van beide variabelen is echter significant. Önder et al. vinden dus geen effect van het mogelijk toegenomen bewustzijn van aardbevingsrisico op de verandering van woningprijzen.³⁰

²⁸ 7,6 op de schaal van Richter (U.S. Geological Survey)

²⁹ Per kilometer extra afstand tot de breuklijn stijgt de waarde met 4,9 tot 7,0%. De waarde van woningen het verst van de breuklijn (31,7 km) is minstens $(\exp(0,049 \times 31,7) / \exp(0,049 \times 5,1)) = 6,2$ maal zo groot als van woningen het dichtste bij de breuklijn (5,1 km afstand), bij gelijke andere woningkenmerken. Dit effect is naar onze mening onwaarschijnlijk groot. Mogelijk komt dit door de beperkte set controlevariabelen. Wellicht is de afstand tot de breuklijn gecorreleerd met ontbrekende controlevariabelen. In dat geval wordt het effect van aardbevingsrisico niet zuiver gemeten.

³⁰ Ook in Istanbul zelf is in 1999 veel schade geleden als gevolg van de aardbeving. De regressie corrigeert hier niet voor door bijvoorbeeld een dummy op te nemen voor de zwaarst getroffen gebieden. Het is niet uit te sluiten dat dit de resultaten zou hebben beïnvloed.

Beron et al. (1997). An analysis of the housing market before and after the 1989 Loma Prieta Earthquake.

Beron et al. (1997) analyseren het effect van de zware³¹ Loma Prieta aardbeving in Californië in 1989 op de woningprijzen in San Francisco en omgeving. Beron et al. stellen dat mensen hun risicoperceptie van aardbevingen bijstellen wanneer nieuwe informatie beschikbaar komt. De omvang van de schade door de Loma Prieta aardbeving en de mediaberichtgeving daarover zijn mogelijk een nieuwe bron van informatie geweest met als gevolg een aanpassing van het ervaren (subjectieve) risico. Het objectieve risico op een aardbeving is gelijk gebleven, stellen Beron et al. naar aanleiding van een rapport van de US Geological Survey. De mogelijkheid dat structurele aanpassingen aan gebouwen het objectieve risico doen afnemen sluiten Beron et al. uit door de analyseperiode te beperken tot maximaal acht maanden na de aardbeving.

Beron et al. schatten de marginale betalingsbereidheid van consumenten om het ervaren risico te vermijden, voor en na de Loma Prieta aardbeving.³² Hoe hoger de betalingsbereidheid hoe hoger het ervaren (subjectieve) risico. Gegeven dat het objectieve risico gelijk blijft en het subjectieve risico wijzigt als gevolg van (berichtgeving over) de aardbeving zijn er vier mogelijke effecten denkbaar:

1. Wanneer consumenten in eerste instantie het risico **overschatten** betekent een **daling** van de betalingsbereidheid een **daling** van het subjectieve risico.
2. Wanneer consumenten in eerste instantie het risico **overschatten** betekent een **stijging** van de betalingsbereidheid een **stijging** van het subjectieve risico.
3. Wanneer consumenten in eerste instantie het risico **onderschatten** betekent een **stijging** van de betalingsbereidheid een **stijging** van het subjectieve risico.
4. Wanneer consumenten in eerste instantie het risico **onderschatten** betekent een **daling** van de betalingsbereidheid een **daling** van het subjectieve risico.

Beron et al. achten het laatste effect zeer onwaarschijnlijk. Dat zou immers betekenen dat de media het (grote) nieuwsfeit zouden *onder-hyphen* met als gevolg een grotere onderschatting van het risico dan voor de aardbeving. Beron et al. willen dus onderscheid kunnen maken tussen effecten 1 tot en met 3 en laten zien welke van deze effecten van toepassing was op de situatie na de Loma Prieta aardbeving. Met dit doel schatten Beron et al. twee modellen. Het eerste model gebruikt de verwachte cumulatieve schade (als percentage van de waarde van de woning) door aardbevingen in de toekomst als proxy voor subjectief risico. Deze waarde wordt geschat middels simulaties van een aantal aardbevingsscenario's uit Perkins (1983)³³, aangevuld met indicatoren voor bodemtype en risicogebied. Omdat deze informatie in de jaren tachtig middels risicokaarten en nieuwsberichten kenbaar is gemaakt aan de inwoners van San Francisco is het aannemelijk dat de subjectieve risico inschatting hier ten dele op gebaseerd is. Het tweede model schat de verkoopprijs van woningen in en rond San Francisco voor (tussen maart 1989 en oktober 1989) en na (tussen januari 1990 en augustus 1990) de aardbeving. Dit tweede model gebruikt verkoopprijzen van eengezinswoningen waarvoor een uitgebreide set van beschrijvende variabelen beschikbaar is. Ook het subjectieve risico zoals berekend in het eerste model, is opgenomen in het tweede model.

³¹ Volgens Beron et al. 7,1 op de schaal van Richter.

³² Dat wil zeggen de hoeveelheid geld die mensen bereid zijn extra te betalen voor een woning om het betreffende risico niet te hoeven lopen.

³³ Dit document is helaas niet langer online beschikbaar. Als gevolg daarvan is het niet mogelijk geweest meer informatie over de methode waarop deze cumulatieve schade is becijferd op te nemen.

Voor de gemiddelde woning daalt de betalingsbereidheid om het risico te vermijden na de aardbeving van ongeveer \$20.000 (6,4 procent van gemiddelde woningprijs) naar iets meer dan \$13.000 (4,1 procent van gemiddelde woningprijs). Deze daling van de betalingsbereidheid is alleen consistent met het eerste van de vier beschreven mogelijke effecten. Beron et al. concluderen dat consumenten het risico op een aardbeving voorafgaand aan de beving overschatten en dat aanvullende informatie over de daadwerkelijke schade heeft geleid tot het neerwaarts bijstellen van het subjectieve risico met als gevolg een lagere betalingsbereidheid voor het afkopen van dit risico.

Willis & Asgary (1997). The impact of earthquake risk on housing markets: evidence from Tehran real estate agents.

Willis en Asgary (1997) onderzoeken het effect van aardbevingsrisico³⁴ reducerende maatregelen in Teheran. Met aardbevingsrisico reducerende maatregelen bedoelen Willis en Asgary met name de wijze waarop bij de bouw is nagedacht over de structurele veiligheid van de woning. Wanneer aardbevingsrisico reducerende maatregelen in voldoende mate gereflecteerd worden in hogere woningprijzen, zal dit voor consumenten en in het verlengde daarvan aannemers vaker reden zijn ze toe te passen bij de bouw van woning. Doordat de waarde ervan in de woning blijft zitten zijn de kosten immers beter te dragen. Willis en Asgary halen diverse kosten-batenstudies aan (o.a. Schulze et al., 1990) waaruit blijkt dat aardbevingsrisico reducerende maatregelen economisch haalbaar zijn. Op het moment dat aardbevingsrisico reducerende maatregelen desondanks in onvoldoende mate door consumenten worden gewaardeerd zouden deze in praktijk alleen worden toegepast met behulp van een overheidssubsidie.

Voor de woningmarkt in Teheran is geen database beschikbaar met verkoopprijzen en woningeigenschappen. Om die reden hebben Willis en Asgary een enquête uitgevoerd onder makelaars waarin werd gevraagd om twee bijna identieke woning te waarderen. Het enige verschil tussen beide woningen is de mate waarin ze aardbevingsbestendig zijn. In totaal zijn waarderingen van 173 makelaars afkomstig uit 11 verschillende wijken in Teheran verzameld. Het gemiddelde verschil in waarde tussen beide woningen was ruim 15 procent. Uitgedrukt in termen van bouwkosten is het verschil zelfs bijna 35 procent. Deze resultaten komen overeen met een eerdere studie van Asgary en Willis (1995) waarin de betalingsbereidheid van consumenten voor aardbevingsrisico reducerende maatregelen werd geschat. Willis en Asgary concluderen dat de waarde van aardbevingsrisico reducerende maatregelen gereflecteerd wordt in de woningprijzen en verwachten derhalve dat deze maatregelen in de toekomst in steeds meer woningen zal worden toegepast. Betere informatievoorziening met betrekking tot het aardbevingsrisico kan hier nog verder aan bijdragen.

Kawawaki Y. & Ota, M. (1996). The influence of the great Hanshin-Awaji earthquake on the local housing market.

Kawawaki & Ota (1996) onderzoeken het effect van de zware Hanshin-Awaji aardbeving van 1995 in Japan op de woningprijzen en woninghuren. De aardbeving was bijzonder destructief en daarmee zeer ontwrichtend.³⁵ Kawawaki en Ota hypothetiseren dat een grootschalig verlies van inkomen of kapitaal er mogelijk voor heeft gezorgd dat bepaalde groepen mensen niet langer in staat zijn om een huis te kopen. Als gevolg hiervan neemt de vraag naar (koop)woningen af. Tegelijkertijd leidt de verwoesting die is aangericht door de aardbeving ertoe dat ook het aanbod van

³⁴ Volgens een studie waar Willis en Asgary naar verwijzen (Nowroozi & Ahmadi, 1986) gaat het in Teheran om een risico op aardbevingen tot kracht 7 op de schaal van Richter (zware aardbevingen).

³⁵ De aardbeving had een kracht van 6,9 op de schaal van Richter (U.S Geological Survey). Er waren ruim zesduizend dodelijke slachtoffers; meer dan tweehonderdduizend woningen werden verwoest.

(koop)woningen op de korte termijn afneemt. Kawawaki en Ota maken onderscheid tussen de koop- en de huurwoningmarkt omdat huurwoningen mogelijk een (tijdelijk) substituut zijn geweest voor koopwoningen.

De auteurs hebben geen toegang tot verkoopprijzen van woningen en gebruiken om die reden geadverteerde vraagprijzen tussen augustus 1994 en januari 1996. Deze periode beslaat ongeveer zes maanden voorafgaand aan de aardbeving en twaalf maanden na de aardbeving. De auteurs gebruiken een hedonische prijsanalyse en controleren voor diverse woning- en omgevingskenmerken. De analyse maakt het tevens mogelijk om de prijsontwikkeling op maandbasis inzichtelijk te maken.

Als belangrijkste resultaat vinden de auteurs een stijging van de woninghuren die ongeveer drie maanden na de aardbeving inzet. In augustus 1995, ongeveer een half jaar na de beving, is het effect het grootst. De woninghuren zijn dan gemiddeld bijna 11 procent gestegen. In de maanden daarna dalen de huren weer tot in januari 1996 het prijseffect niet langer statistisch significant is³⁶. De auteurs vinden geen effect van de aardbeving op de prijsontwikkeling van koopwoningen. Dit suggereert dat het negatieve effect van de aardbeving op de vraag naar koopwoningen en het negatieve effect van de aardbeving op het aanbod van koopwoningen elkaar in balans hebben gehouden waardoor een prijseffect is uitgebleven.

Murdoch et al. (1993). The Impact of Natural Hazards on Housing Values: The Loma Prieta Earthquake.

Murdoch et al. (1993) onderzoeken het effect van de Loma Prieta aardbeving van 1989 op de woningprijzen in San Francisco. Het onderzoek test twee hypothesen. De eerste is dat de aardbeving in zichzelf, buiten invloed van aardbevingsrisico, een (eenmalig) negatief effect heeft gehad op de woningprijzen. De tweede hypothese is dat aardbevingsrisico, los van de opgetreden aardbeving, invloed heeft op de woningprijzen in San Francisco.

Murdoch et al. gebruiken gegevens over woningverkoop in San Francisco vanaf ruwweg een jaar voor de aardbeving tot een jaar na de aardbeving. Zij controleren voor tal van woningkenmerken en ook voor diverse omgevingskenmerken. Murdoch et al. gebruiken drie verschillende variabelen om het effect van (risico op) een aardbeving te schatten. De eerste zijn de zogenoemde *special study zones* (SSZ), gebieden met een relatief hoog aardbevingsrisico.³⁷ De tweede variabele is bodemtype in acht categorieën, onderscheiden naar aardbevingsrisico. De laatste aardbevingsvariabele vangt simpelweg het effect van het optreden van de Loma Prieta aardbeving in oktober 1989.

Op basis van een regressieanalyse concluderen Murdoch et al. dat de Loma Prieta aardbeving heeft geleid tot een daling van de woningprijzen van ongeveer 2 procent³⁸. Verder concluderen de auteurs dat (los van de Loma Prieta aardbeving) woningen binnen een SSZ gemiddeld een 3,7 procent

³⁶ Deze tijdelijke stijging lijkt het gevolg te zijn van een sterke toename in de vraag naar huurwoningen in combinatie met de (tijdelijk) zeer krappe woningmarkt als gevolg van de door de aardbeving verwoeste woningen.

³⁷ Sinds de jaren zeventig wordt deze informatie actief gecommuniceerd aan de inwoners van Californië. Brookshire et al. (1985) stellen deze variabele ook centraal in hun analyse van de impact van aardbevingsrisico op woningprijzen.

³⁸ De hierboven beschreven studie van Beron et al. (1997) vindt een daling van de betalingsbereidheid om het risico op aardbevingen te vermijden na de aardbeving. Dit zou betekenen dat woningen met aardbevingsrisico juist relatief in prijs zijn gestegen, ten opzichte van woningen zonder aardbevingsrisico. Beron et al doen echter geen uitspraken over de ontwikkeling van de woningprijzen, enkel over

lagere prijs hebben (bij gelijke andere kenmerken van de woning en de omgeving). Ook het type bodem heeft een statistisch significant effect op de verkoopprijs van vergelijkbare woningen. Een veiligere bodem vertaalt zich naar een prijs die ongeveer 2,5 procent hoger ligt. Daarnaast laten ze zien dat woningen in een gebied met een relatief hoog aardbevingsrisico verkocht worden voor een lagere prijs. Murdoch et al. onderzoeken niet of het effect van risicovariabelen zoals de SSZs of het bodemtype is toe- of afgenomen in de periode na de aardbeving.

Bernknopf et al. (1990). Earthquake and volcano hazard notices: an economic evaluation of changes in risk perceptions.

Bernknopf et al. onderzoeken het effect van door de autoriteiten afgegeven tijdelijke waarschuwingen voor verhoogd risico op een aardbeving of vulkaanuitbarsting op de risicoperceptie van woningeigenaren in Mammoth Lakes, een ski- en recreatiegebied in Californië. Het ging om aardbevingen tot een kracht van 6 op de schaal van Richter. Bernknopf et al. toetsen drie verschillende relaties. De eerste betreft het effect van de tijdelijke waarschuwingen op de zelf gerapporteerde risicoperceptie van woningeigenaren in de regio. De tweede beschrijft het effect van de tijdelijke waarschuwing op het aantal recreatieve bezoeken dat woningeigenaren die niet permanent woonachtig zijn in Mammoth Lakes afleggen. Als laatste onderzoeken Bernknopf et al. het effect van de tijdelijke waarschuwing op de geschatte marktwaarde die woningeigenaren hun woning toedichten.

De onderzoeksperiode beslaat vier periodes in de eerste helft van de jaren tachtig. In 1980 werd een waarschuwing afgegeven voor een verhoogd risico op een aardbeving. In 1982 werd daarnaast een waarschuwing afgegeven voor verhoogd risico met betrekking tot vulkanische activiteit. In 1984 werden beide waarschuwingen weer ingetrokken. Er zijn vier periodes onderscheiden: 1. voor de waarschuwing voor verhoogd aardbevingsrisico; 2. na de waarschuwing voor verhoogd aardbevingsrisico maar voor de waarschuwing van verhoogde vulkanische activiteit 3. na de waarschuwing van verhoogde vulkanische activiteit maar voordat de beide waarschuwingen weer werden ingetrokken; 4. nadat beide waarschuwingen werden ingetrokken. De voor de studie benodigde data is verzameld middels een enquête onder 1190 (vakantie)woningeigenaren met vragen over risicoperceptie, bezoekfrequentie aan het gebied en zelf ingeschatte waarde van de eigen woning.³⁹

Bernknopf et al. meten de risicoperceptie van (tijdelijke) bewoners van het gebied op twee manieren. De eerste is de risicoperceptie van doodgaan als gevolg van een aardbeving of vulkaanuitbarsting. De tweede wijze is de risicoperceptie van schade aan eigendom als gevolg van een aardbeving of vulkaanuitbarsting. Voor de eerste vorm van risicoperceptie vinden Bernknopf et al. een duidelijke toename als gevolg van de twee waarschuwingen voor verhoogd risico. Nadat de waarschuwingen waren ingetrokken herstelde het ervaren risico zich weer naar het oude niveau. Met betrekking tot het ervaren risico op schade aan eigendom is ook een toename zichtbaar na de twee waarschuwingen. Ook nadat de waarschuwingen weer zijn ingetrokken blijft het ervaren risico op schade aan eigendom echter op een verhoogd niveau. Bernknopf et al. concluderen dat de waarschuwingen invloed hebben gehad op de risicoperceptie van bewoners maar dat dit effect langdu-

de betalingsbereidheid om het risico van aardbevingen te vermijden. Het verschil tussen beide studies lijkt dus voort te komen uit het verschil in onderzoeksvraag en mogelijk ook de gehanteerde regressie-modellen. De studie van Beron et al. (1997) vergelijkt de resultaten niet met de eerdere studie van Murdoch et al. (1993).

³⁹ De enquête lijkt eenmalig te zijn afgenomen in juli 1985. De respondenten is dus gevraagd met terugwerkende kracht te rapporteren over de risicoperceptie gedurende deze vier voorafgaande periodes.

riger is voor de risicoperceptie van schade dan voor de risicoperceptie op doodgaan door een aardbeving of vulkaanuitbarsting. Bernknopf et al. vinden geen significante relatie tussen de waarschuwingen en het aantal recreatieve bezoeken door de eigenaren van vakantiewoningen in het gebied. Tot slot vinden Bernknopf et al. een negatief effect van (afhankelijk van de regressiespecificatie) tussen de 8,2 procent en 11,4 procent van de waarschuwingen op de zelf ingeschatte waarde van de eigen woning. Bernknopf et al. doen geen uitspraken over de ontwikkeling van de zelf ingeschatte waarde van de eigen woning in de periode nadat de waarschuwingen werden ingetrokken.⁴⁰

Brookshire et al. (1985). A test of the expected utility model: evidence from earthquakes.

Brookshire et al. (1985) onderzoeken het effect van de zogenoemde *Special Studies Zones* (SSZs) op de woningprijzen in Los Angeles en San Francisco. De SSZs zijn gebieden met een relatief hoog risico op zware⁴¹ aardbevingen. Vanaf 1974 is deze informatie actief gecommuniceerd aan de inwoners van Californië. Op het moment dat een SSZ wordt ingesteld worden alle bewoners daarover geïnformeerd en bij het verkopen van een woning in een SSZ heeft de verkopende partij de plicht de koper hierover te informeren. Brookshire et al. onderzoeken op welke wijze consumenten reageren op deze nieuwe vorm van risico-informatievoorziening.

In de regressieanalyse wordt de relatie onderzocht tussen enerzijds de verkoopprijs van eengezinswoningen in 1978 en anderzijds de ligging binnen een SSZ, kenmerken van de woning (onder andere de grootte, leeftijd en verkoopdatum), de gemeenschap (demografische kenmerken, luchtkwaliteit) en de locatie. Voor de gemiddelde woning betekent ligging in een SSZ een verkoopprijs die \$2490 (San Francisco) tot \$4650 (Los Angeles) lager ligt dan voor eenzelfde woning buiten een SSZ.⁴² Brookshire et al. vergelijken deze resultaten met eenzelfde analyse voor het jaar 1972. In deze tweede regressie kan geen significant effect van ligging in een SSZ worden aangetoond. Hieruit trekken de auteurs de conclusie dat de in 1974 ingevoerde nieuwe vorm van risico-informatievoorziening door consumenten wordt meegewogen en zo tot uitdrukking komt in de woningprijzen. Brookshire et al. verwijzen naar FEMA (1980) waarin wordt gesteld dat het risico op een aardbeving in een gegeven jaar voor Los Angeles ongeveer twee keer zo hoog is als voor San Francisco. Het feit dat voor de woningprijzen in Los Angeles een hogere premie voor het wonen buiten een SSZ is vastgesteld bevestigt volgens de auteurs dat consumenten relatief goed in staat zijn om te gaan met relatieve onzekerheid en dit op rationele wijze laten meewegen in hun koopbeslissingen. Tot slot halen de auteurs een eerdere studie aan (Brookshire et al., 1982). In deze studie is bewoners van een SSZ in Los Angeles gevraagd naar hun betalingsbereidheid om in exact dezelfde woning buiten de SSZ te wonen. De gemiddelde betalingsbereidheid is in deze studie vastgesteld op \$5920 en ligt in de zelfde orde van grootte als het bedrag van \$4650 dat in Brookshire et al. (1985) is geschat. De resultaten van deze twee studies versterken elkaar.

⁴⁰ De regressieanalyse waarvoor is gekozen is daartoe ook niet geschikt.

⁴¹ De studie van FEMA (1980) waar Brookshire et al. naar verwijzen geeft aan dat er een risico bestaat van aardbevingen met een kracht van 7 of hoger op de schaal van Richter.

⁴² Het gemiddelde huis in de steekproef is verkocht voor iets meer dan 83 duizend euro. Deze effecten komen daarmee op 3% tot 5,5% van de gemiddelde verkoopprijs.

Onderzoeksrapporten

Bosker et al. (2016) (Atlas voor Gemeenten). Met angst en beven. Verklaringen voor de dalende huizenprijzen in het Groningse aardbevingsgebied

Bosker et al. (2016) onderzoeken het effect van aardbevingen, het verhoogde aardbevingsrisico en compenserende maatregelen op de woningmarkt in het aardbevingsgebied. De auteurs stellen dat er in theorie drie manieren zijn waarop aardbevingen en aardbevingsrisico van invloed kunnen zijn op de prijsvorming van woningen in Groningen:

1. **Schade** aan woningen waardoor de waarde van de woning daalt. Daarbij speelt wel dat een schaderegeling van kracht is om schade aan woningen te herstellen en/of de eigenaren in staat te stellen hun woningen naar eigen inzicht te herstellen. Het is mogelijk dat schade in de praktijk desondanks niet altijd onzichtbaar hersteld wordt. Het is dan mogelijk dat kopers hierdoor worden afgeschrikt en daardoor een lagere prijs bieden voor de betreffende woning of woningen in de omgeving.
2. **Risico** op toekomstige bevingen wordt mogelijk hoger ingeschat voor gebieden waar aardbevingen hebben plaatsgevonden. Dit heeft naar verwachting een negatief effect op de huizenprijzen.
3. **Imago effecten** voor het gebied als geheel. Potentiele kopers mijden mogelijk de gehele regio omdat ze niet precies weten waar de bevingen feitelijk hebben plaatsgevonden of zullen plaatsvinden. Hierdoor dalen de prijzen mogelijk in een groter gebied dan enkel waar zich feitelijk aardbevingen hebben voorgedaan.

Deze drie mogelijke effecten zijn tevens de drie hypothesen die in dit onderzoek worden onderzocht. De vraag die Bosker et al stellen is of de huizenprijzen in het gespecificeerde risicogebied significant lager zijn als gevolg van aardbevingen en aardbevingsrisico. En zo ja, welke van de drie effecten daar dan voor verantwoordelijk zijn.

Bosker et al. maken gebruik van een hedonische prijsanalyse waarin de prijsontwikkeling in het risicogebied wordt vergeleken met die van referentielocaties. Daarbij wordt gecorrigeerd voor andere variabelen die invloed kunnen hebben op de prijsontwikkeling. Op die manier is het prijseffect van het aardbevingsrisico te isoleren. In totaal is data beschikbaar van 1949 verkochte woningen in het aardbevingsgebied.

Bosker et al laten zien dat de huizenprijzen in het risicogebied sinds de aardbeving in Huizinge op 16 augustus 2012 lager zijn dan op de referentielocaties. Voor de Huizinge-beving is geen effect op de huizenprijzen waarneembaar. Het gemiddelde van de drie effecten tezamen (imago, bevingshistorie en schadecompensatie) ligt per saldo rond de twee procent. Dit effect is het gemiddelde voor alle verkochte woningen sinds de Huizinge beving. Hoe groot het effect voor een individuele woning is, is onder meer afhankelijk van de beving- en schadehistorie van de woning op het moment van verkoop.

Bosker et al. (2015) (Atlas voor Gemeenten). Schokken de prijzen?

Bosker et al. (2015) onderzoeken of er in het aardbevingsgebied in Groningen woningprijsdalingen waarneembaar zijn als gevolg van aardbevingen of aardbevingsrisico. De auteurs beogen de volgende twee vragen te beantwoorden:

- “1. Is er sinds 16 augustus 2012 (de Huizinge-beving) of 25 januari 2013 (de bijgestelde verwachtingen) in het aardbevingsgebied een prijsverschil ontstaan dat is toe te schrijven aan de aardbevingen en aardbevingsrisico?
2. Fluctueert dat eventuele effect van de aardbevingen en aardbevingsrisico op de prijs van verkochte woningen door de tijd?”

Bosker et al. laten zien dat de woningprijzen in het aardbevingsgebied sinds 2012 in relatieve zin met 5 procent zijn gedaald ten opzichte van de rest van Nederland. Deze prijsdaling hoeft echter niet per se het gevolg te zijn van de aardbevingen of het toegenomen aardbevingsrisico. Ook bijvoorbeeld bevolkingskrimp, verschraving van voorzieningsniveau en bedrijfssluitingen hebben een negatieve impact op de woningprijzen. Het extra geld dat in het gebied wordt geïnvesteerd en de toezeggingen van minister Kamp in januari 2014 om de kwaliteit van woningen en woonomgeving te verbeteren zouden juist een positieve impact op de woningprijzen kunnen hebben gehad.

Om het effect van aardbevingen en het toegenomen aardbevingsrisico te isoleren maken Bosker et al. gebruik van referentielocaties die op alle kenmerken die van invloed zijn op woningprijzen vergelijkbaar zijn met het aardbevingsgebied, met uitzondering van het optreden van aardbevingen. Referentielocaties zijn gekozen op basis van ruim honderd indicatoren waarbij gezocht is naar die locaties die vergelijkbaar scoren op de gewogen combinatie van indicatoren. Vervolgens is per verkochte woning in het aardbevingsgebied de beste referentielocatie gezocht waar in dezelfde periode ook een woning is verkocht. Dit proces van *matching* is uitgevoerd in vier verschillende varianten. De resultaten worden gerapporteerd per *matchingsvariant*.

Van alle verkochte woningen zijn in totaal 84 woningkenmerken beschikbaar die zijn meegenomen in de regressieanalyse. Deze prijsanalyse is uitgevoerd voor drie periodes. De eerste periode is van 17 augustus 2012 (de dag na de Huizinge-beving) tot en met 31 maart 2015. De andere twee periodes zijn deelperiodes. De eerste van 17 augustus 2012 tot 17 januari 2014 (de toezeggingen van Kamp) en de tweede van 18 januari 2014 tot en met 31 maart 2015. Over de gehele periode is het gevonden prijsverschil tussen de woningen verkocht in het aardbevingsgebied en woningen verkocht in de referentiegebieden ongeveer min 2 procent, in alle vier de matchingvarianten. In drie van de vier varianten is dit negatieve effect (statistisch) significant. Op basis van eenzelfde analyse voor de twee deelperiodes concluderen Bosker et al. dat het prijseffect fluctueert door de tijd. In de eerste periode, tot aan 17 januari 2014 is een negatief effect van ongeveer min 3 procent waarneembaar. In de tweede periode vanaf 18 januari 2014 ligt het gevonden prijsverschil rond de nul en is het effect bovendien niet significant. Als verklaring hiervoor stellen de auteurs dat er als gevolg van de toezeggingen van Kamp mogelijk is geanticipeerd op toekomstige investeringen in het gebied en op compensatie in het geval van eventuele waardedaling.

CBS (2015). Woningmarktontwikkelingen rondom het Groningenveld. 1^e kwartaal 1995 tot en met 2^e kwartaal 2015.

Het CBS onderzoekt hoe de woningmarkt rond het Groningenveld zich tot en met het tweede kwartaal van 2015 heeft ontwikkeld. Dat gebeurt door het vergelijken van verschillende indicatoren van verkoopbaarheid en verkoopprijzen tussen de aardbevingsregio en de omliggende regio. De opzet van het onderzoek is op hoofdlijnen gelijk aan de eerdere onderzoeken van Francke en Lee (2013, 2014). Het CBS maakt net als Francke en Lee (2013, 2014) gebruik van referentiegebieden maar kiest wel een afwijkende indeling van risicogebieden en referentiegebieden. De risicogebieden zijn de gemeenten rondom het Groningenveld waar tot en met het tweede kwartaal van 2015 meer dan 5 procent van de woningen schade heeft opgelopen als gevolg van aardbevingen. De referentiegebieden bestaan uit gemeenten die het dichtst bij het risicogebied liggen en die in sociaaleconomisch en demografisch opzicht vergelijkbaar zijn met de gemeenten in het risicogebied.

Voor het risicogebied stelt het CBS een daling van de verkoopprijzen vast van 2,4 procent in de periode tussen het derde kwartaal 2012 (na de aardbeving in Huizinge) en het tweede kwartaal van 2015. In de referentiegebieden is de daling 0,5 procent. Deze verschillen zijn echter niet significant.

Behalve naar verkoopprijzen kijkt het CBS (net als Francke en Lee) ook naar alternatieve indicatoren. Het CBS stelt vast dat het aandeel te koop staande woningen in het risicogebied is toegenomen sinds de aardbeving in Huizinge. In het referentiegebied is in dezelfde periode juist een daling te zien. Verder is de gemiddelde verkoopduur van woningen in het risicogebied sterker toegenomen dan in het referentiegebied. De ontwikkeling van het aandeel verkochte woningen en de tijd die te koop staande woningen al te koop staan, verschilt echter niet significant tussen het risico- en referentiegebied. Tot slot zijn in het tweede kwartaal van 2015 woningen in het risicogebied voor gemiddeld 90 procent van de vraagprijs verkocht terwijl dit percentage in het referentiegebied op 92 procent lag.

Ondanks het feit dat voor veel van de indicatoren geen significant verschil tussen het risicogebied en het referentiegebied kan worden vastgesteld zegt het CBS dat de geconstateerde verschillen wel allemaal in dezelfde richting wijzen. Op basis daarvan stelt het CBS dat de woningmarkt in het aardbevingsgebied zich sinds de aardbeving bij Huizinge iets minder gunstig heeft ontwikkeld dan de woningmarkt in het referentiegebied. Dit verschil is echter niet significant. Daarom kan volgens het CBS niet met zekerheid gesteld worden dat de woningprijzen in het risicogebied zich minder gunstig hebben ontwikkeld dan in het referentiegebied.

Francke en Lee (2014) (Ortec). De invloed van fysieke schade op verkopen van woningen rond het Groningenveld.

Francke en Lee (2014) onderzoeken de invloed van fysieke schade aan koopwoningen als gevolg van aardbevingen in gebieden rondom het Groningenveld op verkoopprijzen en aanvullende marktindicatoren die inzicht geven in de mate van verkoopbaarheid. Het onderzoek maakt gebruik van gegevens van de Nederlandse Vereniging van Makelaars (NVM) en koppelt deze aan het bestand van de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) van meldingen van schade aan woningen in de periode 17 augustus 2012 (de dag na de Huizingebeving) tot en met 11 juli 2014. Dit onderzoek maakt net als Francke en Lee (2013) gebruik van twee referentiegebieden die als een schil om

het aardbevingsgebied heen liggen.⁴³ Francke en Lee stellen vast dat het grootste deel van de verkopen in de relevante periode plaatsvond voordat schade werd gemeld. Omdat niet vast is te stellen of er ten tijde van verkoop al schade was opgetreden nemen Francke en Lee aan dat een schademelding ná verkoopdatum van de woning geen directe invloed heeft op de verkoopprijs. De 165 woningen met een schademelding voor verkoop van de woning worden niet tegen een gemiddeld hogere of lagere prijs verkocht dan vergelijkbare woningen zonder schademelding. Door het geringe aantal observaties is echter sprake van een grote onzekerheidsmarge.

Naast het effect op de verkoopprijs onderzoeken Francke en Lee ook alternatieve marktindicatoren die kunnen wijzen op veranderende marktomstandigheden als gevolg van schade aan woningen. Daarbij stellen ze vast dat woningen met een schademelding die nog niet verkocht zijn al langer te koop staan dan de niet verkochte woningen zonder schademelding. Het gemiddelde verschil bedraagt 99 dagen. Ook bij reeds verkochte woningen met een schademelding geldt dat deze langer te koop hebben gestaan dan woningen zonder schademelding, maar deze verschillen zijn door het geringe aantal verkopen met een schademelding vóór verkoopdatum statistisch niet significant. Woningen met een schademelding worden relatief vaker uit de markt teruggetrokken dan woningen zonder schademelding.

Francke en Lee concluderen dat met de beschikbare gegevens geen directe invloed van fysieke aardbevingschade op de verkoopprijzen kan worden vastgesteld. Op basis van alternatieve marktindicatoren kan echter wel gesteld worden dat de woningmarkt ongunstiger is voor woningen met fysieke schade dan voor woningen zonder fysieke schade.

Francke & Lee (2013) (Ortec). De waardeontwikkeling op de woningmarkt in aardbevingsgevoelige gebieden rond het Groningerveld.

Francke en Lee (2013) onderzoeken in welke mate de aardgaswinning in het Groningenveld en de gevolgen daarvan effect hebben gehad op de ontwikkeling van de particuliere koopwoningmarkt in het aardbevingsgebied. Het onderzoek vergelijkt de ontwikkeling van de woningprijzen in het aardbevingsgebied met de ontwikkelingen in twee referentiegebieden. Het eerste referentiegebied bestaat uit de gemeenten die direct grenzen aan het aardbevingsgebied. Het tweede referentiegebied zijn gemeenten die grenzen aan de gemeenten uit het eerste referentiegebied.⁴⁴

Francke en Lee gebruiken het verkopenbestand van de Nederlandse Vereniging van Makelaars (NVM). Daarnaast zijn gegevens van het Kadaster beschikbaar. In het onderzoek worden twee verschillende modellen gebruikt. De gegevens van NVM worden gebruikt in het kenmerkenmodel dat verkoopprijzen verklaart op basis van woningkenmerken zoals grootte, type, bouwjaar en onderhoudstoestand en ook locatie en sociaaleconomische omgevingskenmerken. De gegevens van het Kadaster worden gebruikt voor het herhaalde verkopenmodel dat de prijsontwikkeling baseert op paren prijzen van opeenvolgende verkopen van dezelfde woning.

Francke en Lee concluderen op basis van het kenmerkenmodel dat de woningprijzen in het risico- en referentiegebied over de afgelopen twintig jaar vergelijkbare ontwikkelingen volgden. Tussen

⁴³ Andere studies, waaronder Bosker et al. (2015) uiten kritiek op de keuze van de referentiegebieden die als een schil om het risicogebied heen liggen. De referentiegebieden liggen daardoor mogelijk te dicht bij het aardbevingsgebied waardoor ook deze gebieden een prijsdaling zouden kunnen ondervinden door het vermeende aardbevingsrisico.

⁴⁴ Op deze aanpak is kritiek; zie de voorgaande voetnoot.

1993 en het eerste kwartaal van 2013 stegen de woningprijzen in het aardbevingsgebied met 153 procent tegenover een stijging van 147 procent in het referentiegebied. Tussen 2008 en het eerste kwartaal van 2013 zijn de prijzen in het risicogebied met 14 procent gedaald en in het referentiegebied met 18 procent. Zelfs in de periode na de Huizinge aardbeving (het laatste kwartaal van 2012 en het eerste kwartaal van 2013) daalden de prijzen in het risicogebied (4,3 procent) minder dan in het referentiegebied (5,1 procent). Statistisch zijn de onderlinge verschillen echter niet significant⁴⁵. De resultaten van het herhaalde verkopenmodel bevestigen de conclusies uit het kenmerkenmodel.

Francke en Lee onderzoeken tot slot diverse andere koopwoningmarktindicatoren zoals het aantal verkopen, de verkoopduur, het verschil tussen vraag- en verkoopprijs, het aantal te koop staande woningen en de verkoopsnelheid. Ook hier vinden zij geen aanwijzingen dat de woningmarkt zich in het risicogebied anders ontwikkelt dan in het referentiegebied.

Keskin & Watkins (2014). The Impact of Earthquake Risk on Property Values: A Multi-Level Approach.

Keskin & Watkins (2014) analyseren in een kort paper de invloed van aardbevingsrisico op woningprijzen in Istanboel. Zij gebruiken hiervoor prijzen waarvoor twee grote makelaars de woningen aanbieden. Zij verklaren deze prijzen uit kenmerken van de woning en de bewoners, prijzen in andere buurten en uit het percentage woningen dat naar verwachting (ernstig) zal worden beschadigd door een aardbeving. Zij doen dit afzonderlijk voor 2007 en 2012, om na te gaan of de aardbeving in Oost-Turkije in 2011 invloed heeft gehad. Uit de regressie blijkt dat 1 procent extra kans op ernstige schade in 2007 leidde tot een woningprijs die 0,16 procent lager ligt. In 2012 was dit effect groter: 0,20 procent.

Onderzoek naar andere natuurrisico's

Door menselijke activiteit veroorzaakte natuurrisico's

Muehlenbachs et al. (2015). The housing market impacts of shale gas development.

Muehlenbachs et al. (2015) onderzoeken het effect van schaliegasboringen op de waarde van woningen in Pennsylvania, in het noordoosten van de Verenigde Staten. Schaliegasboringen gaan vaak gepaard met verontreiniging van het grondwater. Om die reden maken de auteurs onderscheid tussen woningen die afhankelijk zijn van grondwater en woningen die gebruik maken van leidingwater. Daarnaast wordt voor elke woning vastgesteld wat de exacte afstand is tot de dichtstbijzijnde boorput. Omdat landeigenaren in de regel royalty's ontvangen van tussen de 12,5 en 21 procent per eenheid gewonnen gas zijn er mogelijk ook voordelen van het wonen dichtbij een boorput. Dit gaat echter alleen op wanneer het eigendom van de grond en het eigendom van de woning bij dezelfde persoon ligt. Ook zonder het ontvangen van royalty's kan de toegenomen economische activiteit in de regio leiden tot positieve effecten op de woningprijzen. Daar staat tegenover dat (het risico op) grondwaterverontreiniging, congestie, geluidsoverlast naar alle waarschijnlijkheid een negatieve impact hebben op het woongenot, en daarmee de woningprijzen.

⁴⁵ De door Francke en Lee (2013, 2014) gerapporteerde effecten zijn niet in alle gevallen statistisch insignificant. Afhankelijk van periode en methode zijn ook significante effecten gemeten. Niet alle actualisaties van Francke en Lee zijn in deze literatuurstudie opgenomen.

De gebruikte dataset bevat informatie over de verkoopprijs, locatie, grootte en bouwjaar van alle verkochte woningen in 36 *counties* in Pennsylvania in de periode 1995 tot 2012. Deze gegevens zijn gekoppeld aan data over de locatie van boorputten. Ook is per woning vastgesteld of er toegang is tot leidingwater of dat de bewoners afhankelijk zijn van grondwater. De totale steekproef bevat ruim tweehonderdduizend waarnemingen.

Uit de regressieanalyse volgt dat een boorput binnen 1 kilometer van een woning afhankelijk van grondwater een negatief effect van 16,5 procent op de verkoopprijs van de woning heeft. Omdat ook een beperkt positief effect (bijvoorbeeld door royalty's) wordt geregistreerd is het netto effect op de verkoopprijs min 13,9 procent. Een extra boorput binnen 1,5 kilometer heeft een netto negatief effect van 6,5 procent op de verkoopprijs. Voor woningen die afhankelijk zijn van grondwater met een boorput binnen 1,5 kilometer die zijn verkocht tussen april 2011 en april 2012 becijferen Muehlenbachs et al. een verlies in waarde van ruim \$30.000. Voor woningen met toegang tot leidingwater levert een boorput binnen 1,5 kilometer juist bijna \$5.000 aan waarde op. De negatieve effecten worden in dit geval dus meer dan goedgemaakt door de positieve effecten die onder meer bestaan uit royalty's, hogere werkgelegenheid, hogere bestedingen aan goederen en diensten. Daarnaast noemen Muehlenbachs et al. ook een uitbreiding van voorzieningen in de nabije omgeving en een verbetering van de lokale overheidsfinanciën als mogelijke positieve effecten.

Tot slot merken Muehlenbachs et al. op dat de negatieve effecten gemeten zijn op basis van de perceptie van risico op grondwaterverontreiniging en niet op daadwerkelijk risico of gegevens over verontreiniging op lokaal niveau. De discussie over de mate waarin grondwaterverontreiniging optreedt als gevolg van schaliegasboringen blijft daarmee relevant.

Bennett A. & Loomis, J. (2015). Are housing prices pulled down or pushed up by fracked oil and gas wells? A hedonic price analysis of housing values in Weld County, Colorado.

Bennett & Loomis (2015) onderzoeken het effect van schaliegasboringen in Colorado op de ontwikkeling van de woningprijzen. Schaliegasboringen gaan gepaard met geluidsoverlast, lichtvervuiling, een toename in (vracht)verkeer en mogelijk gevolgen voor de lucht- en waterkwaliteit. Als gevolg hiervan is het aannemelijk dat woningprijzen in de directe omgeving dalen. Tegelijkertijd stellen de auteurs dat de schaliegasboringen ook gepaard gaan met een toename van werkgelegenheid in de olie- en gassector met als gevolg een toenemende vraag naar woonruimte in de betreffende regio. De auteurs onderzoeken het netto-effect van schaliegasboringen op de regionale woningmarkt. Daarbij maken ze onderscheid tussen woningen in de stad en woningen op het platteland.

De auteurs gebruiken een hedonische prijsanalyse op basis van tussen 2009 en 2012 verkochte woningen. Het model controleert voor woning- en omgevingskenmerken. Daarnaast maakt het model onderscheid tussen schaliegasputten die ten tijde van de verkoop van de woning worden geboord en putten die reeds in productie zijn.⁴⁶ Woningen op minder dan een halve *mile* afstand van een boorput die ten tijde van de verkoop wordt geboord, verkopen gemiddeld voor \$1.342 tot \$1.936 minder dan woningen zonder boorput in de buurt. Dit is minder dan 1 procent van de gemiddelde woningprijs. Het effect van het boren van een put wordt groter naarmate het huis

⁴⁶ De overlast gedurende het boren van de put is naar verwachting hoger dan de overlast van een reeds producerende put.

verder van de put af staat (tot maximaal 2 *mile*). De auteurs suggereren dat dit mogelijk komt doordat woningen die relatief verder van de put af staan waarschijnlijk lagere vergoedingen (*mineral rights*) ontvangen.⁴⁷

Bennett & Loomis vinden een prijsdaling van minder dan 1 procent voor woningen in de stad, maar kunnen geen significant effect vinden voor woningen op het platteland. Zodra een bron in productie is verdwijnt ook het gevonden prijseffect voor woningen in de stad in zijn geheel. Met betrekking tot werkgelegenheid in de olie- en gassector vinden de auteurs een positief effect van 0,2 procent per 1000 uur additionele werkgelegenheid per maand op de huizenprijzen.⁴⁸ Dit effect houdt echter niet in alle modelspecificaties stand en moet om die reden als indicatief worden beschouwd.

Een tekortkoming van de studie is dat Bennett & Loomis niet beschikken over de benodigde gegevens om te corrigeren voor de invloed van *mineral rights* op de prijsontwikkeling. Omdat deze variabele nu niet is opgenomen in de analyse is het aannemelijk dat het prijseffect (minder dan 1 procent prijsdaling) onderschat wordt. De *mineral rights* hebben immers een prijsopdrijvend effect dat nu niet wordt gescheiden van het (naar verwachting) negatieve effect van overlast door boringen. Een andere beperking van deze studie is dat geen rekening is gehouden met het onderscheid tussen woningen die zijn aangesloten op het publieke waternet en woningen die afhankelijk zijn van grondwater. Muehlenbachs et al. (2015) vonden dat met name woningen afhankelijk van grondwater sterke prijsdalingen ervoeren. De analyse van Bennett & Loomis berekent het gemiddelde effect, waardoor uitschieters mogelijk verborgen blijven.

Gopalakrishnan, S. Klaiber, A. (2013). Is the shale energy boom a bust for nearby residents? Evidence from housing values in Pennsylvania.

Gopalakrishnan & Klaiber (2013) onderzoeken het effect van schaliegasboringen op de woningprijzen in Pennsylvania. De auteurs stellen dat schaliegasboringen met name op korte termijn (tot 6 maanden) een sterke impact hebben op de woningprijzen. In die periode leidt de toegenomen activiteit en het boren zelf relatief tot de meeste overlast. In de analyse variëren de auteurs daarom met verschillende tijdsperiodes. Ook maken ze expliciet onderscheid naar afstand tot de boorput (0,75; 1 of 2 *mile*). Tot slot houden ze rekening met of een woning afhankelijk is van grondwater en of het een overwegend agrarische of juist een stedelijke omgeving betreft.

De hedonische prijsanalyse maakt gebruik van verkoopdata van 3646 eengezinswoningen verkocht tussen januari 2008 en oktober 2010. Er is een uitgebreide set woningkenmerken beschikbaar waarvoor wordt gecontroleerd. De analyse wijst uit dat de woningprijseffecten in grote mate afhankelijk zijn van de locatie en de watervoorziening van de woning. Het gemiddelde effect van een extra boorput binnen 1 *mile* van de woning is min 0,8 procent op de verkoopprijs. Indien de boorput zich binnen 0,75 *mile* van de woning bevindt is het negatieve effect groter, min 2,1 procent. Voor woningen die zich in een hoofdzakelijk agrarische omgeving bevinden zijn de effecten gemiddeld genomen iets groter (-1,7 tot -2,7 procent). De grootste effecten vinden de auteurs bij woningen die afhankelijk zijn van grondwater. Indien de boorput zich binnen 0,75 *mile* van de woning bevindt loopt het effect op tot ruim min 20 procent voor woningen afhankelijk van grondwater. Een gro-

⁴⁷ De landeigenaar ontvangt in de regel een vergoeding voor de booractiviteiten op zijn of haar grondgebied

⁴⁸ 1000 werkgelegenheidsuren per maand is gelijk aan ongeveer 5 fte gedurende een maand tijd.

tere afstand tot de boorput (2 *mile*) wordt geassocieerd met een licht positief effect op de woningprijs. De auteurs hypothetiseren dat dit te maken heeft met het feit dat woningeigenaren op die afstand anticiperen op mogelijke exploitatiebaten uit gas (*mineral rights*) in de toekomst. De exploitatiebaten die toekomen aan woningeigenaren zijn niet bekend en om die reden niet opgenomen in de hedonische prijsanalyse. Dit leidt mogelijk tot een onderschatting van het gevonden prijseffect. Opvallend is verder dat de gevonden prijseffecten niet langer significant zijn indien de woning is verkocht binnen 12 maanden (in plaats van 6 maanden) vanaf het moment waarop toestemming is verleend om een boorput te slaan. Dit duidt erop dat de negatieve prijseffecten voornamelijk optreden tijdens de eerste maanden waarin de put geboord moet worden. Deze periode gaat gepaard met relatief meer overlast dan de daaropvolgende productieperiode.

Andere natuurrisico's in Nederland

Er is een grote hoeveelheid internationale literatuur over andere natuurrisico's dan aardbevingen. De meest relevante literatuur daarbinnen betreft effecten van natuurrisico's in Nederland, omdat de context waarin de risico's optreden in deze studies het meest vergelijkbaar is met de aardbevingen in Groningen. We hebben twee onderzoeken gevonden naar effecten van andere natuurrisico's dan aardbevingen op woningprijzen in Nederland. Het gaat in beide gevallen om effecten van overstromingsrisico's.

Bosker et al. (2013). De Lage landen.

In hoofdstuk 3 van Bosker et al. (2013) wordt een hedonische prijsanalyse uitgevoerd met als doel het effect van overstromingsrisico op woningprijzen in Nederland te becijferen. Meer dan een derde van de Nederlandse bevolking woont op een plek met (enig) overstromingsrisico. De te onderzoeken vraag is dus in hoeverre dit risico wordt meegewogen bij de koop van een huis. De analyse maakt gebruik van woningverkoopgegevens van het Kadaster tussen 1999-2011. Daarbij wordt gecorrigeerd voor woningkenmerken en omgevingsfactoren.

De gemiddelde prijs van een woning in een overstromingsrisicogebied is afhankelijk van de modelspecificatie € 2.449 tot € 2.834 lager dan die van een vergelijkbare woning buiten een overstromingsrisicogebied. Dit is ongeveer 1 procent van de gemiddelde woningprijs. Een alternatief model waarin woningen die net binnen een overstromingsgebied liggen worden vergeleken met woningen die net buiten een overstromingsgebied liggen bevestigt deze schattingen (-€ 2.403 tot -€ 2.786).

In 1995 zijn als gevolg van buiten hun oevers tredende rivieren woongebieden in Limburg onder water gelopen en zijn 250.000 mensen geëvacueerd uit de regio Arnhem-Nijmegen. Voor de gemeenten die midden jaren negentig te maken hadden met (dreigende) overstromingen is het gevonden effect van overstromingsrisico groter. Gemiddeld gaat het om ruim € 5.000 per woning. Ervaring met (dreigende) overstromingen vergroot dus het effect.

Tot slot maken Bosker et al. onderscheid naar overstromingsdiepte. Daaruit komt naar voren dat voor woningen waarbij het overstromingsrisico betrekking heeft op een maximale overstromingsdiepte van 50 centimeter er geen prijsverschil waarneembaar is. Pas bij risico op overstromingsdiepte groter dan 50 centimeter treedt een prijsverschil op van iets meer dan € 4.000. Bij een overstromingsdiepte van meer dan 80 centimeter is het prijsverschil ongeveer € 5.400.

Daniel et al. (2009). Floods and Residential Property Values: A Hedonic Price Analysis for the Netherlands.

Daniel et al. (2009) gaan na welke invloed overstromingen van de Maas in 1993 en 1995 hebben gehad op woningprijzen. Zij gebruiken woningprijzen over een lange periode: 1990 tot en met 2004. Ook controleren zij voor een groot aantal kenmerken van de woning en van de omgeving van de woning, waaronder de nabijheid tot de rivier. Daardoor kunnen ze onderscheid maken tussen negatieve effecten van overstromingen en positieve effecten van ligging bij water zoals de mogelijkheid om te recreëren bij de rivier. De gegevens betreffen 9505 verkochte woningen, waarvan 246 in een gebied dat minstens een maal overstroomd is.

De belangrijkste uitkomst is dat woningen die overstroomd zijn geweest ongeveer 9 procent lagere prijzen hebben dan overigens vergelijkbare woningen die niet zijn overstroomd. Tegelijk is er een positief effect van wonen nabij de rivier: woningen binnen 500 meter van de Maas brengen 3 procent meer op dan vergelijkbare woningen op grotere afstand van de rivier.

Daniel et al. vergelijken hun uitkomsten met die van 19 andere studies. Zij constateren dat sommige studies een positief effect van overstromingsrisico op woningprijzen laten zien. Zij schrijven dit toe aan het positieve effect van ligging nabij een rivier. Het mediane effect van de 19 studies is circa min 7,5 procent. Daarom achten Daniel et al. hun uitkomst voor Nederland (min 9 procent) niet uitzonderlijk.

Referenties

Asgary, A. & Willis, K.G. (1995). Households' willingness to pay for construction measures to reduce earthquake losses. Working paper, University of Newcastle upon Tyne.

Bernknopf, R.L., Brookshire, D.S. & Thayer, M.A. (1990). Earthquake and volcano hazard notices: an economic evaluation of changes in risk perceptions. *Journal of Environmental Economics and Management* 18, 35-49

Bennett A. & Loomis, J. (2015). Are housing prices pulled down or pushed up by fracked oil and gas wells? A hedonic price analysis of housing values in Weld County, Colorado. *Society & Natural Resources*, 28:11, 1168-1186.

Beron, K.J., Murdoch, J.C., Thayer, M.A., Vijverberg, W.P.M. (1997). An analysis of the housing market before and after the 1989 Loma Prieta Earthquake. *Land economics*, 73(1), 101-113.

Bosker, M., Garretsen, H., Marlet, G., Ponds, R., Poort, J., Dooren, R. van & Woerkens, C. van (2016). Met angst en beven. Verklaringen voor de dalende huizenprijzen in het Groningse aardbevingsgebied. Atlas voor Gemeenten.

Bosker, M. Garretsen, H., Marlet, G., Ponds, R., Poort, J. & Woerkens, C. van (2015). Schokken de prijzen. Atlas voor gemeenten/Rijksuniversiteit Groningen.

Bosker, M., Garretsen, H., Marlet, G. & Woerkens, C. van (2013). De Lage landen. VOC Uitgevers, Utrecht.

Brookshire, D.S., Thayer, M.A., Tschirhart, J. & Schulze, W.D. (1985). A test of the expected utility model: evidence from earthquakes. *Journal of Political Economy* 93(2), 369-389.

CBS (2015). Woningmarktontwikkelingen rondom het Groningenveld. 1e kwartaal 1995 tot en met 2e kwartaal 2015.

Daniel, V.E., Florax, R.J.G.M. & Rietveld, P. (2009). Floods and Residential Property Values: A Hedonic Price Analysis for the Netherlands. *Built Environment* 35(4), 563-576.

Deng, G., Gan, L., Hernandez, M.A. (2015). Do natural disasters cause an excessive fear of heights? Evidence from the Wenchuan earthquake. *Journal of Urban Economics*, 90, 79-89.

FEMA (1980). An Assessment of the Consequences and Preparations for a Catastrophic California Earthquake. Findings and Actions Taken. Federal Emergency Management Agency, Washington DC.

Francke, M.F & Lee, K.M. (2013). De waardeontwikkeling op de woningmarkt in aardbevingsgevoelige gebieden rond het Groningenveld. Ortec Finance.

Francke, M.F & Lee, K.M. (2014). De invloed van fysieke schade op verkopen van woningen rond het Groningerveld. Ortec Finance.

Gopalakrishnan, S. Klaiber, A. (2013). Is het shale energy boom a bust for nearby residents? Evidence from housing values in Pennsylvania. *American journal of agricultural economics* 96(1): 43-66.

Groetelaers, D. & Wolff, H. de (2016). Risico's en verkoopbaarheid van woningen. Een internationale verkenning naar ervaringen met het bepalen van het effect van risico's op prijsvorming op de woningmarkt. Onderzoek voor de gebouwde omgeving (OTB). 15 januari, 2016.

Kawawaki Y. & Ota, M. (1996). The influence of the great Hanshin-Awaji earthquake on the local housing market. *Review of urban & regional development studies* 8.

Keskin & Watkins (2014). *The Impact of Earthquake Risk on Property Values: A Multi-Level Approach*, RICS, London.

Koster, H.R.A. (2016). Gaswinning, aardbevingen en huizenprijzen, Vrije Universiteit Amsterdam, afdeling Ruimtelijke Economie.

Koster, H.R.A. & Ommeren, J. van (2015). A shaky business: Natural gas extraction, earthquakes and house prices. Tinbergen Institute Discussion Paper.

Koster, H.R.A. & Ommeren, J. van (2015). A shaky business: Natural gas extraction, earthquakes and house prices. *European Economic Review* 80, 120-139.

Muehlenbachs, L., Spiller, E., & Timmins, C. (2015). The housing market impacts of shale gas development. *American Economic Review*, 105(12), 3633-3659.

Murdoch, J.C., Singh, H. & Thayer, M. (1993). The Impact of Natural Hazards on Housing Values: The Loma Prieta Earthquake. *Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association*. V21 (2), 167-184.

Nakagawa, M., Saito, M. & Yamaga, H. (2009). Earthquake risks and land prices: evidence from the Tokyo Metropolitan Area. *Japanese Economic Review*. Vol. 60, issue 2, 208-222.

Naoi, M., Seko, M. & Sumita, K. (2009). Earthquake risk and housing prices in Japan: Evidence before and after massive earthquakes. *Regional Science and Urban Economics* 39, 658-669.

Nowroozi, A.A., & Ahmadi, G. (1986). Analysis of earthquake risk in Iran based on seismotectonic provinces. *Tectonophysics*, 122(1), 89-114.

Önder, Z. Dökmeci, V. & Keskin, B. (2004). The impact of public perception of earthquake risk on Istanbul's housing market. *Journal of Real Estate Literature*. Vol. 12 Issue 2, 181-194.

Pryce, G., Chen, Y. and Galster, G. (2011). The impact of floods on house prices: An imperfect information approach with myopia and amnesia. *Housing Studies*, 26(2), 259-279.

Renn, O. (2008). *Risk Governance. Coping with uncertainty in a complex world*. Londen: Earthscan.

Richter, C.F. (1935). An instrumental earthquake magnitude scale. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 25(1), 1-32.

Perkins, J. B. (1983). *San Francisco Bay Area on Shaky Ground*. Association of Bay Area Governments, Oakland, CA.

Tobin, G.A. and Montz, B.E. (1994). Flood hazard and dynamics of the urban residential land market. *Water Resources Bulletin*, 30(4), 673-685.

Willis, K.G. & Asgary, A. (1997). The impact of earthquake risk on housing markets: evidence from Tehran real estate agents. *Journal of Housing research*, 8(1), 125-136

Annex 1: Overzichtstabel⁴⁹

Studie	Effect van	Ernst van de beving(en) ⁵⁰	In land	Effect op	Grootte effect	Methode	Overige bevindingen en opmerkingen
Aardbevingen: Artikelen in wetenschappelijke tijdschriften							
Koster en Van Ommeren (2015) (VU)	Aardbevingen	Licht	Nederland	Woningprijzen	min 1,9%	Gerealiseerde verkoopprijzen	Het betreft het effect per aardbeving. Tot 2001 is het effect 0%, 2002-2007 min 1,7% en 2008-2013 min 1,9%.
Koster (2016) ⁵¹ (VU)	Aardbevingen	Licht	Nederland	Woningprijzen	min 1,6%	Gerealiseerde verkoopprijzen	Het betreft het effect per aardbeving. Het effect op de woningprijzen van één procentpunt meer woningen met schade in het postcode-4 gebied waar de woning in ligt is min 0,2%.
Deng et al. (2015)	Aardbeving 2008	Zwaar	China	Prijzen appartementen	4,4%	Gerealiseerde verkoopprijzen	Prijsverschil (van 4,4%) tussen appartementen op 1 ^e of 2 ^e verdieping versus 7 ^e verdieping op hoger. Prijsverschil verdwijnt ongeveer een jaar na de aardbeving.
Nakagawa et al. (2009)	Aardbevingsrisico	Krachtig	Japan	Grondprijzen	0 tot min 11%	Gerealiseerde verkoopprijzen	Prijsverschil hoog/laag risico grond. In 1980 nog geen effect, min 11% voor hoogrisico grond in 1994. Min 7% in 2001, mogelijk als gevolg van preventie.
Naoi et al. (2009)	Aardbevingsrisico (na aardbeving dichtbij)	Krachtig	Japan	Woningprijzen	min 13,5%	Door woningeigenaren ingeschatte waarde	Aardbevingsrisico werd in eerste instantie overschat door consumenten. Na aardbeving weegt aardbevingsrisico zwaarder in de woningprijs.
Önder et al. (2004)	Afstand tot breuklijn (na aardbeving)	Zwaar	Turkije	Woningprijzen	Niet bekend	Geadverteerde verkoopprijzen	Negatief effect van aardbevingsrisico (afstand tot breuklijn en bodemtype) is na de aardbeving toegenomen. Beperkte set controlevariabelen.
Beron et al. (1997)	Aardbevingsrisico (na aardbeving)	Zwaar	Californië	Woningprijzen	min 4,1 tot min 6,4%	Gerealiseerde verkoopprijzen	Aardbevingsrisico werd in eerste instantie overschat door consumenten. Na aardbeving weegt aardbevingsrisico minder zwaar in de woningprijs.
Willis en Asgary (1997)	Aardbevingsrisico reducerende maatregelen	Zwaar	Iran	Woningprijzen	15%	Enquête onder makelaars	Betreft nieuwbouwwoningen met en zonder aardbevingsrisico reducerende maatregelen. Met aardbevingsrisico reducerende maatregelen is de geschatte prijs 15% hoger
Kawawaki en Ota (1996)	Aardbevingsrisico	Krachtig	Japan	Woninghuren	Plus 11%	Geadverteerde huur- en verkoopprijzen	In de maanden na de aardbeving is een stijging waarneembaar van woninghuren, na een jaar verdwijnt dit effect. Geen effect gevonden op woningprijzen.
Murdoch et al. (1993)	Lokaal risicolabel	Zwaar	Californië	Woningprijzen	min 3,7%	Gerealiseerde verkoopprijzen (met referentiegebieden)	De Loma Prieta aardbeving leidde tot een gemiddelde woningprijsdaling van ongeveer 2%.
Bernknopf et al. (1990)	Waarschuwingen aardbevings- en vulkanorisico	Krachtig	Californië	Woningprijzen	min 8,2 tot min 11,4%	Door woningeigenaren ingeschatte waarde	Waarschuwingen hebben niet alleen invloed op woningprijzen, maar ook op de risicoperceptie.
Brookshire et al. (1985)	Lokaal risicolabel	Zwaar	Californië	Woningprijzen	min 3 tot min 5,5%	Gerealiseerde verkoopprijzen (met referentiegebieden)	Het effect is pas zichtbaar na actieve communicatie over het risicolabel.

⁴⁹ De studies zijn zodanig gesorteerd dat de meest relevante studies vooraan staan: eerst aardbevingen, dan andere door menselijke activiteit veroorzaakte natuurrisico's, dan overige natuurrisico's; daarbinnen eerst artikelen, dan onderzoeksrapporten; daarbinnen eerst lichte, dan zware aardbevingen; daarbinnen op jaartal (recente studies eerst). Studies die direct op elkaar aansluiten zijn direct na elkaar opgenomen, ook wanneer dit niet in lijn is met de eerder geformuleerde criteria waarop gesorteerd wordt.

⁵⁰ In deze notitie duiden we aardbevingen tot kracht 3,9 aan als licht, van 4,0 tot 4,9 als gemiddeld, van 5,0 tot 5,9 als vrij krachtig, 6,0 tot 6,9 als krachtig en 7,0 tot 7,9 als zwaar.

⁵¹ Deze studie is niet gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift maar is op deze plaats opgenomen in verband met de relatie tot Koster en van Ommeren (2015).

Aardbevingen: Onderzoeksrapporten

Bosker et al. (2016) (Atlas voor gemeenten)	Aardbevingsrisico	Licht	Nederland	Woningprijzen	min 2%	Gerealiseerde verkoopprijzen (met referentiegebieden)	Betreft het netto effect van imago, bevingshistorie en schadecompensatie teza-men.
Bosker et al. (2015) (Atlas voor gemeenten)	Aardbevingsrisico	Licht	Nederland	Woningprijzen	min 2%	Gerealiseerde verkoopprijzen (met referentiegebieden)	Periode tot januari 2014 is het effect min 3%. Periode na januari 2014 geen sig-nificant effect.
Groetelaers en De Wolff (2016) (OTB)	Risico's vergelijkbaar met aardbevingsrisico	n.v.t.	Wereld-wijd	Woningprijzen	n.v.t.	Diverse methoden	Betreft een literatuurstudie. Relevante conclusies voor de Groningse situatie met betrekking tot verschil tussen risico en risicoperceptie, het feit dat de prijsdaling groter kan zijn dan schade alleen en de impact van herhaaldelijke rampen (in contrast tot eenmalige rampen) op de prijsvorming.
CBS (2015)	Aardbevingsrisico	Licht	Nederland	Woningprijzen	Niet significant	Gerealiseerde verkoopprijzen (met referentiegebieden)	Alternatieve indicatoren wijzen op een ongunstigere woningmarkt ontwikkeling in risicogebied.
Francke en Lee (2014) (Ortec)	Fysieke schade door aardbevingen	Licht	Nederland	Woningprijzen	Niet significant	Gerealiseerde verkoopprijzen (met referentiegebieden)	Alternatieve indicatoren wijzen op een ongunstigere woningmarkt ontwikkeling in risicogebied.
Francke en Lee (2013) (Ortec)	Aardbevingsrisico	Licht	Nederland	Woningprijzen	Niet significant	Gerealiseerde verkoopprijzen (met referentiegebieden)	Geen aanwijzingen dat de woningmarkt zich in het risicogebied anders ontwik-kelt.
Keskin en Watkins (2014)	Aardbevingsrisico	Zwaar	Turkije	Woningprijzen	Niet bekend	Geadverteerde woningprijzen	0,16 tot 0,20% lagere woningwaarde per extra procent kans op (ernstige) aard-bevingsschade. Effect groter na aardbeving in een ander deel van Turkije.

Andere door menselijke activiteit veroorzaakte natuurrisico's: Artikelen in wetenschappelijke tijdschriften

Muehlenbachs et al. (2015)	Schaliegasboringen	n.v.t.	Pennsyl-vania	Woningprijzen	min 6,5% tot min 13,9%	Gerealiseerde verkoopprijzen	Effect geldt voor woningen die grondwater gebruiken, geen leidingwater. Er zijn ook positieve effecten door royalty's, werkgelegenheid, bestedingen, uitbreiding van voorzieningen en verbetering van de lokale overheidsfinanciën.
Bennett en Loomis (2015)	Schaliegasboringen	n.v.t.	Colorado	Woningprijzen	min 1%	Gerealiseerde verkoopprijzen	Het effect doet zich voor in de periode dat de bron wordt geboord en verdwijnt vrijwel geheel zodra de bron in productie is. Er zijn indicaties dat additionele werk-gelegenheid een positief effect heeft op de woningprijzen.
Gopalakrishnan en Klaiber (2013)	Schaliegasboringen	n.v.t.	Pennsyl-vania	Woningprijzen	min 2,1%	Gerealiseerde verkoopprijzen	Betreft het effect van een boorput binnen 0,75 <i>mile</i> van de woning. Voor wonin-ge afhankelijk van grondwater loopt het effect op tot min 20 procent.

Andere natuurrisico's in Nederland: Artikelen in wetenschappelijke tijdschriften

Bosker et al. (2013)	Rivieroverstromingen	n.v.t.	Nederland	Woningprijzen	min 1%	Gerealiseerde verkoopprijzen	Het effect is groter (min 2%) voor gebieden die daadwerkelijk ervaring hebben met (concrete dreiging van) overstromingen en gebieden met risico op een over-stromingsdiepte van meer dan 50 centimeter.
Daniel et al. (2009)	Rivieroverstromingen	n.v.t.	Nederland	Woningprijzen	min 9%	Gerealiseerde verkoopprijzen	Mediane effect in wetenschappelijke literatuur is circa min 7,5%. Ligging nabij water heeft los van overstromingen een positief effect van 3%.

Bron: SEO Economisch Onderzoek