

Bosker, Garretsen, Marlet  
Ponds, Poort, van Dooren, van Woerkens

---

# **Nog altijd in beweging**

Het effect van aardbevingen op de huizenprijzen in Groningen  
per 1-1-2018

---

Eindredactie: Nadine van den Berg

Atlas voor gemeenten  
Postbus 9627  
3506 GP UTRECHT  
T 030 2656438  
F 030 2656439  
E [info@atlasvoorgemeenten.nl](mailto:info@atlasvoorgemeenten.nl)  
I [www.atlasvoorgemeenten.nl](http://www.atlasvoorgemeenten.nl)

© Atlas voor gemeenten, Utrecht, december 2018

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

## Nog altijd in beweging

Het effect van aardbevingen op de huizenprijzen in Groningen per 1-1-2018

Dr. Maarten Bosker

Prof. dr. Harry Garretsen

Dr. Gerard Marlet

Dr. Roderik Ponds

Dr. Joost Poort

Dr. Roel van Dooren

Dr. Clemens van Woerkens



---

## Inhoud

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Samenvatting en conclusies                                                                                        | 7   |
| 1 Inleiding en achtergrond                                                                                        | 10  |
| 2 Methode                                                                                                         | 17  |
| 3 Actualisatie <i>Vijf jaar na Huizinge</i>                                                                       | 24  |
| 4 Actualisatie en verfijning bevingindicator                                                                      | 37  |
| 5 Variatie door de tijd                                                                                           | 58  |
| 6 Variatie naar type woning en schade in directe omgeving                                                         | 75  |
| 7 Synthese                                                                                                        | 101 |
| Bijlage 1 Afbakening risicogebied                                                                                 | 121 |
| Bijlage 2 Selectie referentiewoningen                                                                             | 125 |
| Bijlage 3 Schadehistorie                                                                                          | 130 |
| Bijlage 4 Modelspecificaties                                                                                      | 133 |
| Bijlage 5 Voortplantingsformules voor aardbevingen                                                                | 136 |
| Bijlage 6 Resultaten alternatief risicogebied                                                                     | 139 |
| Bijlage 7 Robuustheidsanalyses modellen met drie perioden met een grenswaarde van 1,0 mm/s voor bevingindicatoren | 141 |

Nog altijd in beweging, Atlas voor gemeenten

---

## Samenvatting en conclusies

- Dit rapport onderzoekt het effect van aardbevingen en aardbevingsrisico op de huizenprijzen in het Groningse aardbevingsgebied. Het onderzoek richt zich op de periode van augustus 2012 (de beving in Huizinge) tot 1 januari 2018. In eerder onderzoek werd duidelijk dat er voor deze periode geen waardedaling heeft plaatsgevonden. Voor de afbakening van het risicogebied is uitgegaan van de grens waarbinnen in eerder empirisch onderzoek het bestaan van een negatief (imago-)effect op de woningprijzen niet viel uit te sluiten: het gebied met 20% of meer geaccepteerde schadegevallen ten opzichte van de totale woningvoorraad. In het onderzoek is gekeken naar een eventueel imago-effect voor het gebied als geheel en het effect van de bevings- en schadehistorie op de verschillende plekken in het gebied. Daarbij zijn twee typen indicatoren voor bevingshistorie getest: de totale cumulatieve grondsnelheid en het aantal bevingen. Het gaat daarbij om alle bevingen sinds het moment dat het KNMI deze meet (1986): bevingen voor 'Huizinge' zijn meegenomen in de gehanteerde bevingsindicatoren.
- Beide indicatoren zijn geactualiseerd op basis van recent geologisch onderzoek naar hoe bevingen leiden tot grondsnelheden – gebaseerd op recente metingen (tussen 2006 en september 2017) in het Groningenveld – en vanaf welke grondsnelheid er schade kan ontstaan aan gebouwen en een beving potentieel voelbaar is. Deze geactualiseerde indicatoren zijn inhoudelijk beter dan varianten die in eerder onderzoek zijn gebruikt. Bovendien wordt duidelijk dat het gebruik van een drempelwaarde bij het meetellen van bevingen in de cumulatieve grondsnelheid zowel theoretisch als empirisch beter is dan het cumuleren van ook de kleinste grondsnelheden. Drempelwaarden van 2,9 en 5,0 mm/s zijn empirisch te prefereren boven 1,0 mm/s. Als vervolgens wordt uitgegaan van een lage grenswaarde, vanwaar schade aan monumentale en gevoelige structuren niet meer valt uit te sluiten, ligt een keuze voor 2,9 mm/s voor de hand.
- Op basis van schattingen met deze indicatoren komt – afhankelijk van de gebruikte bevingsindicator en drempelwaarde – het prijseffect voor de gehele onderzochte periode en het hele risicogebied gemiddeld uit op -2,2% tot -2,0%. Dat is het netto effect, inclusief het positieve

effect van een toegekend budget voor schadeherstel van € 1000 of meer (waarmee een woningeigenaar naast schadeherstel in aanmerking komt voor de Waardevermeerderingsregeling). Het bruto effect zonder de positieve uitwerking van budget voor schadeherstel varieert gemiddeld tussen -3,0% en -2,6%. Omdat de bevingshistorie sterk verschilt tussen locaties, is het prijseffect afhankelijk van de ligging binnen het risicogebied.

- Het effect van aardbevingen en aardbevingsrisico varieert bovendien in de tijd. Aan het begin van de periode – van augustus 2012 ('Huizinge') tot en met januari 2014 (de aankondiging van diverse compenserende maatregelen) – was het gemiddelde prijseffect het grootst. Sindsdien – en met name sinds juni 2016 (de aankondiging van verdere productiebeperkingen) – is het gemiddelde effect afgenomen, maar nemen de verschillen binnen het risicogebied juist verder toe. Op sommige locaties neemt het netto effect toe door nieuwe bevingen, terwijl het afneemt op locaties waar geen (nieuwe) bevingen zijn geweest. Op basis van het model met een drempelwaarde van 2,9 mm/s, varieert de bruto waardedaling (exclusief het effect van schadebudget) in de derde periode van -8,3% in Loppersum tot -1,5% aan de randen van het gebied. In de eerste periode varieerde de gemiddelde (bruto) waardedaling op basis van hetzelfde model van -5,1% in Loppersum tot -3,1% aan de randen van het gebied. Dit duidt erop dat de waardering en inschatting van de toekomstige bevingrisico's door de tijd veranderen en mede samenhangen met besluiten over de toekomstige gasproductie.
- Er zijn geen indicaties dat bevingsschade in de directe omgeving van een woning een additioneel effect heeft op de waardedaling. Wel zijn er aanwijzingen dat er verschillen zijn tussen typen woningen en bouwperiodes. Het prijseffect lijkt voor vrijstaande woningen groter te zijn dan voor niet-vrijstaande woningen, voor 'luke' woningen zoals woonboerderijen, villa's en landhuizen groter dan voor 'niet-luke' woningen en ook voor grotere woningen (woonoppervlakte 140 m<sup>2</sup>) groter te zijn. Bovendien zijn er aanwijzingen dat het prijseffect voor oudere woningen groter is dan voor recent gebouwde woningen.
- De resultaten in dit onderzoek zijn op eenvoudige en transparante wijze te vertalen naar een schatting van de waardedaling voor elke



woning op elk moment in de tijd en op elke locatie. Ook het effect van nieuwe bevingen kan daar goed in worden meegenomen en eventueel zou onderscheid gemaakt kunnen worden tussen woningtypen.

- Omdat het gebiedseffect en het effect van bevingen variëren door de tijd moet het model waarmee de waardedaling van een woning wordt geschat, gebaseerd zijn op data die actueel zijn ten opzichte van de gehanteerde peildatum.

---

## 1 Inleiding en achtergrond

Op 16 augustus 2012 werd Groningen opgeschrikt door een aardbeving met een kracht van 3,6 op de schaal van Richter bij het dorp Huizinge in de gemeente Loppersum. Sindsdien is de aardbevingsproblematiek onafgebroken in het nieuws gebleven en loopt er een wetenschappelijke, maatschappelijke en juridische discussie over de invloed van aardbevingen en het aardbevingsrisico op de woningwaarden in het gebied.

Sinds ‘Huizinge’ is er veel gebeurd dat van invloed kan zijn geweest op de woningmarkt in het gebied. Allereerst de publicatie van een KNMI-onderzoek in januari 2013 waarin werd geconcludeerd dat Groningen in de toekomst mogelijk rekening moet houden met aardschokken tot een kracht van 5 op de schaal van Richter.<sup>1</sup> En daarna vele andere publicaties over bijvoorbeeld de bevingen die hebben plaatsgevonden en de schadeafhandeling.

Daarnaast hebben er ook verschillende gebeurtenissen plaatsgevonden waarvan een positief effect op de woningmarkt zou kunnen zijn uitgegaan, zoals begin 2014 de aankondiging van diverse compensatiemaatregelen<sup>2</sup> – waaronder een compensatieregeling voor de waardedaling van woningen<sup>3</sup> en een Waardevermeerderingsregeling<sup>4</sup> –, de vernietiging van het voorgenomen nieuwe winningsplan door de Raad van State en als gevolg daarvan een reductie van de gaswinning van 33 naar 27 miljard kubieke meter in november 2015,<sup>5</sup> en het nieuwe Gasbesluit in juni 2016 waarin een verdere verlaging van de gaswinning van 27 naar 24 miljard kubieke meter werd

---

<sup>1</sup> B. Dost, M. Caccavale, T. van Eck, D. Kraaijpoel, 2013: Report on the expected PGV and PGA values for induced earthquakes in the Groningen area (KNMI, De Bilt).

<sup>2</sup> Kamerbrief minister Kamp van Economische Zaken, 17 januari 2014.

<sup>3</sup> Regeling Waardedaling van de Nederlandse Aardolie Maatschappij. Versie 29 april 2014. <http://www.namplatform.nl/wp-content/uploads/2014/04/Regeling-waardedaling1.pdf>. De Regeling Waardedaling (kortweg: Waarderegeling) geldt voor woningeigenaren die hun woning aan een particuliere koper hebben verkocht, en die bij de verkoop van hun woning mogelijk een lagere verkoopprijs voor hun woning konden realiseren als gevolg van aardbevingen en/of aardbevingsrisico (ook in geval van echtscheiding of erfrechtelijke verkrijgingen kunnen bewoners opteren voor een compensatie onder de regeling). Deze regeling richt zich dus op de compensatie voor waardedaling en staat naast een al langer (sinds 1993) bestaande regeling voor het herstel van fysieke aardbevingsschade (kortweg: Schaderegeling).

<sup>4</sup> Via de Tijdelijke Regeling Waardevermeerdering (WVM) bood de NAM met ingang van 17 januari 2014 een subsidie van maximaal € 4000 aan eigenaren van woningen in het aardbevingsgebied met een bevingsschade van minimaal € 1000. Met deze tegemoetkoming konden zij energiebesparende of -opwekkende maatregelen financieren die de waarde van hun woning verhoogden, bijvoorbeeld zonnepanelen.

<sup>5</sup> Raad van State 18 december 2015, ECLI:NL:RVS:2015:3578. Overschrijding tot maximaal 33 miljard kubieke meter was volgens de uitspraak toegestaan als het gasjaar 2015-2016 een relatief koud jaar zou blijken te zijn.

aangekondigd.<sup>6</sup> De Raad van State vernietigde ook dat besluit en verlaagde het productieplafond voor 2018 naar 21,6 miljard kubieke meter.<sup>7</sup> Op 29 maart 2018 kondigde de minister aan de gaswinning in het Groningenveld op termijn volledig te beëindigen: uiterlijk per oktober 2022 moet de gaswinning afgenomen zijn tot onder 12 miljard kubieke meter en in de jaren erna wordt deze geleidelijk afgebouwd naar nul.<sup>8</sup>

### Eerder onderzoek

Sinds de beving bij Huizinge is er door verschillende partijen onderzoek gedaan naar het effect van aardbevingen en aardbevingsrisico op de waarde van woningen in het risicogebied. Zo deed Ortec Finance sinds 2013 in opdracht van het ministerie van Economische Zaken onderzoek naar de woningwaardeontwikkelingen in aardbevingsgevoelige gebieden rond het Groningenveld.<sup>9</sup> Dat onderzoek is voortgezet door het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), en wordt inmiddels op verzoek van de Nationaal Coördinator Groningen (NCG) elk half jaar herhaald.<sup>10</sup> Koster en Van Ommeren van de Vrije Universiteit (VU) hebben eveneens onderzoek gedaan naar de effecten van de aardbevingsproblematiek op huizenprijzen,<sup>11</sup> en recentelijk hebben ook Durán en Elhorst van de Rijksuniversiteit Groningen een working paper met onderzoeksresultaten gepresenteerd.<sup>12</sup>

Atlas voor gemeenten heeft (in samenwerking met onderzoekers verbonden aan de Rijksuniversiteit Groningen, Erasmus Universiteit Rotterdam en Universiteit van Amsterdam) sinds 2015 drie rapporten gepubliceerd over het effect van de aardbevingen en aardbevingsrisico's op de woningmarkt. Daarnaast hebben de onderzoekers enkele artikelen gepubliceerd over deze studies en hebben zij het initiatief genomen voor het organiseren van een *special session* over de relatie tussen aardbevingen en woningwaarde op het

<sup>6</sup> Kamerbrief minister Kamp van Economische Zaken 24 juni 2016.

<sup>7</sup> Raad van State 15 november 2017, ECLI:NL:RVS:2017:3156.

<sup>8</sup> Kamerbrief minister Wiebes van EZK, 29 maart 2018.

<sup>9</sup> M. Francke, K. Lee, 2013: De waardeontwikkeling op de woningmarkt in aardbevingsgevoelige gebieden rond het Groningenveld (Ortec Finance, Rotterdam). En meest recent: M. Francke, B. Broekmeulen, 2016: De ontwikkelingen op de woningmarkt rond het Groningenveld: actualisatie 2<sup>e</sup> kwartaal 2016 (Ortec Finance, Rotterdam).

<sup>10</sup> CBS, 2015: Woningmarktontwikkelingen rondom het Groningenveld. 1e kwartaal van 1995 tot en met 2e kwartaal 2015 (CBS, Den Haag). En meest recent: CBS, 2017: Woningmarktontwikkelingen rondom het Groningenveld - 1e kwartaal 1995 tot en met 4e kwartaal 2016 (CBS, Den Haag).

<sup>11</sup> H. Koster, J. van Ommeren, 2015: A Shaky Business: Natural Gas Extraction, Earthquakes and House Prices, *European Economic Review*, 80, pp. 120-139, en meer recent: H. Koster, 2016: Gaswinning, aardbevingen en huizenprijzen. Rapport in opdracht van OTB, Universiteit Delft (VU, Amsterdam).

<sup>12</sup> N. Durán & J.P. Elhorst, 5 June 2018: A spatio-temporal-similarity and common factor approach of individual housing prices: the impact of many small earthquakes in the north of the Netherlands. 2018007-EEF.

congres van de European Regional Science Association (ERSA) in Groningen in 2017.<sup>13</sup> Kern van de gehanteerde onderzoeksmethodiek is de hedonische prijsmethode.<sup>14</sup> Atlas voor gemeenten maakt daarbij gebruik van de zogeheten matchingmethodiek, waarbij voor elke verkochte woning in het risicogebied een of meerdere verkochte woningen worden gezocht op locaties buiten het gebied die verder zo goed mogelijk vergelijkbaar zijn op (het waarde-effect van) een groot aantal omgevingsvariabelen.<sup>15</sup>

### 2015: Schokken de prijzen?

In 2015 publiceerde Atlas voor gemeenten het rapport *Schokken de prijzen?*<sup>16</sup> Het risicogebied werd in deze studie afgebakend als de acht gemeenten die op dat moment onder de Waarderegeling vielen. Woningen die zich binnen een ruime bandbreedte rond die acht gemeenten bevinden, werden uitgesloten als mogelijke referentiewoningen. Op basis van transacties tussen de Huizingebeving en 31 maart 2015 werd in de betreffende acht gemeenten een gemiddelde waardedaling gevonden van tussen 1,9% en 2,6%. Deze waardedaling heeft (net als die in alle andere onderzoeken van Atlas voor gemeenten) betrekking op het verschil tussen de waarde van een woning op een bepaald moment en de (hypothetische) situatie dat er geen bevingrisico zou zijn. Het onderzoek meet een *niveaoverschil* in de huizenprijzen ten opzichte van vergelijkbare woningen op vergelijkbare locaties zonder bevingrisico, en geen waardeontwikkeling sinds 'Huizinge'. Voorts werden aanwijzingen gevonden dat de waardedaling in de eerste helft van die periode (tot en met 2013) wat groter was. Voor de periode vanaf 2014 was het gemeten effect statistisch niet significant. Ook werd geconstateerd dat het meenemen van toegekende budgetten voor schadeherstel de modellen verbeterde. Hiervan ging een positief effect uit op de prijs van de desbetreffende woningen, waarnaast vervolgens een iets groter negatief gebiedseffect werd gemeten.

---

<sup>13</sup> G. Marlet, R. Ponds, J. Poort, C. van Woerkens, 2016: Waardedaling door aardbevingen. Real Estate Research Quarterly, 15(2), pp. 19-29. M. Bosker, H. Garretsen, G. Marlet, R. Ponds, J. Poort, C. van Woerkens, 2016: Bijdrage aardbevingen aan waardedaling woningen in Groningen overschat. Economisch Statistische Berichten (ESB), 101 (4733), 294-298. M. Bosker, H. Garretsen, G. Marlet, R. Ponds, J. Poort, C. van Woerkens, 2016: Naschrift bij: Bijdrage aardbevingen aan waardedaling woningen in Groningen overschat. Economisch Statistische Berichten (ESB), 101 (4735), 382. Deze laatste twee vormen een wetenschappelijke polemiek naar aanleiding van publicaties van Koster en Van Ommeren en van De Kam over hetzelfde onderwerp.

<sup>14</sup> Deze methode wordt ook in het genoemde onderzoek van Koster en Van Ommeren en door Durán en Elhorst gehanteerd.

<sup>15</sup> Hoofdstuk 2 van dit rapport geeft een uitvoerige beschrijving van de methodiek.

<sup>16</sup> M. Bosker, H. Garretsen, G. Marlet, R. Ponds, J. Poort, C. van Woerkens, 25 mei 2015: Schokken de prijzen? Relatieve huizenprijsontwikkeling in het aardbevingsgebied in Groningen en de invloed van aardbevingen en aardbevingsrisico (Atlas voor Gemeenten, Utrecht).

In januari 2016 zijn de verschillende op dat moment beschikbare onderzoeken door OTB (TU Delft) vergeleken en beoordeeld.<sup>17</sup> De studie van Atlas voor gemeenten werd overwegend positief beoordeeld, maar OTB deed wel enkele aanbevelingen. Zo beval OTB aan om nader onderzoek te doen naar een andere indeling in risico- en referentiegebieden op basis van schades. Tevens constateerde OTB dat de onderzochte periode vanaf ‘Huizinge’ relatief kort was, waardoor het aantal verklarende variabelen in sommige modellen groot was in vergelijking met het aantal cases. Voorts wierp OTB de vraag op of er voor de beving bij Huizinge geen effecten waren op de woningmarkt en merkte OTB op dat in het rapport informatie ontbrak over de woning- en omgevingskenmerken in de modellen en de bijbehorende coëfficiënten en standaardfouten. Ook stelde OTB vast dat geen vergelijking was gemaakt tussen de bestaande woningvoorraad en de dataset van verkochte woningen, waardoor *sample selection bias* een rol zou kunnen spelen, hoewel de matchingmethodiek dit risico vermindert.

## 2016: Met angst en beven

Op 14 april 2016 publiceerde Atlas voor gemeenten het rapport *Met angst en beven*.<sup>18</sup> Dit rapport vormde een update en verdieping van de eerdere studie en nam de aanbevelingen die door OTB waren gedaan ter harte.

Zo bevatte het rapport een uitvoerige methodologische verantwoording en een overzicht van de gebruikte locatie- en woningkenmerken.<sup>19</sup> Tevens presenteerde het rapport gevoeligheidsanalyses voor het bepalen van de referentielocaties en is het effect onderzocht van zowel schade aan de verkochte woningen, als schade in de omgeving. De onderzochte periode was met twee kwartalen uitgebreid – tot en met het derde kwartaal van 2015 – waardoor het aantal verkochte woningen in het risicogebied met 29% toenam van 1506 naar 1949 (zie tabel 1.1). Opnieuw werd een generiek negatief gebiedseffect van tussen twee en drie procent gemeten (-2,6% in het voorkeursmodel).

Ook is onderzocht of er vóór de beving bij Huizinge, in de periode tussen 1 januari 2011 en 15 augustus 2012, een effect kon worden vastgesteld,

<sup>17</sup> S. Jansen, P. Boelhouwer, H. Boumeester, H. Coolen, J. de Haan, C. Lamain, 2016: Beoordeling woningmarktmodellen aardbevingsgebied (OTB, Delft).

<sup>18</sup> M. Bosker, H. Garretsen, G. Marlet, R. Ponds, J. Poort, R. van Dooren, C. van Woerkens, 2016: Met angst en beven. Verklaringen voor dalende huizenprijzen in het Groningse aardbevingsgebied (Atlas voor Gemeenten, Utrecht).

<sup>19</sup> De bijbehorende coëfficiënten en standaardfouten voor het basismodel zijn in het rapport ‘Vijf jaar na Huizinge’ uit 2017 eveneens als bijlage opgenomen.

hetgeen niet het geval was.<sup>20</sup> Het eventuele risico van *sample selection bias* is eveneens onderzocht door te kijken naar het onderhoudsniveau van verkochte versus te koop staande woningen. Te koop staande woningen bleken gemiddeld iets beter te zijn onderhouden dan verkochte woningen, dus voor een bias die de gemeten waardedaling zou verkleinen bestond geen aanwijzing.

Tevens is – bij wijze van verfijning en ingegeven door het onderzoek van de VU-onderzoekers Koster en Van Ommeren (2015) – onderscheid gemaakt tussen locaties *binnen* het risicogebied, op basis van berekeningen van het aantal voelbare aardbevingen op de locatie van een verkochte woning.<sup>21</sup> Dit resulteerde in een generiek gebiedseffect (imago-effect) van 2,0% in het voorkeursmodel, een additioneel negatief effect van 0,5% per voelbare beving en – wederom – een positief effect voor woningen met een toegekend budget voor schadeherstel.

### 2017: Vijf jaar na Huizinge

De aanbeveling van OTB om het risicogebied op basis van schades af te bakenen is in het rapport *Vijf jaar na Huizinge*<sup>22</sup> van 16 oktober 2017 overgenomen. Het risicogebied is niet langer gedefinieerd als de gemeenten die onder de Waarderegeling vallen, maar empirisch vastgesteld aan de hand van het percentage woningen met een toegekende schade-uitkering. Voor postcodegebieden waar aan minder dan 20% van de woningvoorraad een schade-uitkering is toegekend, bleek een prijseffect onwaarschijnlijk. Op basis daarvan is het risicogebied opnieuw afgebakend. Alle postcodegebieden met schademeldingen zijn als referentiegebied uitgesloten.

In deze studie is de onderzochte periode tevens geactualiseerd tot en met juni 2017 en zijn opnieuw enkele belangrijke verfijningen aangebracht. Het aantal verkochte woningen in het (nieuwe) risicogebied ging hierdoor van 1949 naar 6985 (een toename van 260%). Het positieve maar tegenintuïtieve effect van schade-uitkeringen op de transactieprijs is nader

---

<sup>20</sup> Deze bevinding is niet van invloed op de waardedalingen die na de Huizingebeving wel consistent worden gevonden, omdat de methodiek een verschil in het niveau van de prijzen meet ten opzichte van de referentielocaties en niet een verschil sinds Huizinge.

<sup>21</sup> Net als in Koster en Van Ommeren en later onderzoek door Elhorst en Durán (2018) werd daarbij een voortplantingsfunctie voor bevingen van Dost (2004) gebruikt, waarbij net als in Koster en Van Ommeren een drempelwaarde voor de grondsnelheid van 5 mm/s is gehanteerd. In hoofdstuk 4 worden deze voortplantingsfunctie en drempelwaarde op basis van de relevante literatuur geactualiseerd.

<sup>22</sup> G. Marlet, R. Ponds, J. Poort, C. van Woerkens, M. Bosker, H. Garretsen, 2017: Vijf jaar na Huizinge. Het effect van aardbevingen op de huizenprijzen in Groningen (Atlas voor Gemeenten, Utrecht).

onderzocht. Dit bleek samen te hangen met de hiervoor genoemde Waardevermeerderingsregeling waarvoor woningen met een schade van € 1000 of meer in aanmerking komen. Conform de doelstelling van deze regeling lijken deze woningen dus door de maatregelen inderdaad meer waard te zijn geworden.

In het voorkeursmodel kwam het generieke gebiedseffect over de hele periode uit op -1,8%, met een (groter) additioneel effect per voelbare beving van -1,1% en een positief effect van gemiddeld 2,3% voor woningen die in aanmerking kwamen voor de WVR. Splitsing van het gebiedseffect in drie perioden – voor en na februari 2014 (begin Waarderegeling) en na juli 2016 (nieuw Gasbesluit) – wees op een gestaag afnemend effect; in de laatste periode -1,1% en statistisch niet significant.

**Tabel 1.1 Meetperiode en verkochte woningen in het risicogebied in opvolgende studies Atlas voor gemeenten**

| Rapport                | Periode t/m | Definitie risicogebied | Transacties risicogebied | Toename transacties (t.o.v studie ervoor) |
|------------------------|-------------|------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|
| Schokken de prijzen?   | 2015 Q1     | 8 gemeenten            | 1506                     |                                           |
| Met angst en beven     | 2015 Q3     | Waarderegeling         | 1949                     | +29%                                      |
| Vijf jaar na Huizinge  | 2017 Q2     | pc4 met >=20%          | 6985                     | +260%                                     |
| Nog altijd in beweging | 2017 Q4     | schade-uitkeringen     | 8103                     | +16%                                      |

### Het huidige onderzoek

Het huidige onderzoek is een actualisatie en op diverse punten een verfijning van de eerdere studies van Atlas voor gemeenten.

Na een toelichting op de onderzoeksmethodiek in hoofdstuk 2 volgt in hoofdstuk 3 allereerst een actualisatie van de belangrijkste modellen uit het rapport *Vijf jaar na Huizinge*. De meetperiode is uitgebreid tot en met het vierde kwartaal van 2017, waarmee het aantal transacties in het risicogebied met 16% toenam tot 8103. Ook gegevens over schade-uitkeringen zijn geactualiseerd. Daarnaast presenteert hoofdstuk 3 een aantal robuustheidsanalyses van deze modellen, waarbij andere woningkenmerken

zijn gebruikt of omgevingskenmerken als extra controlevariabelen aan het model zijn toegevoegd.

Hoofdstuk 4 neemt de manier waarop (voelbare) bevingen worden gemeten onder de loep door te kijken naar de voortplantingsformule voor de grondsnelheid van bevingen en de daarbij gebruikte drempelwaarde. De formule wordt op basis van recente literatuur geactualiseerd en diverse in de literatuur gefundeerde drempelwaarden worden onderzocht.

Hoofdstuk 5 onderzoekt net als eerdere studies de ontwikkeling van het effect van aardbevingen en aardbevingsrisico's in de tijd. Hoofdstuk 6 onderzoekt de interactie van de effecten met enkele woningkenmerken.

Hoofdstuk 7 besluit met een synthese van de belangrijkste uitkomsten. Vervolgens laat dit hoofdstuk zien hoe de resultaten zich vertalen naar effecten in de regio en hoe dit vertaald kan worden naar een transparante, uitvoerbare, voorspelbare en uitlegbare compensatieregeling.



## 2 Methode

De centrale vraag in dit onderzoek is of er in het risicogebied een prijsdaling is die is toe te schrijven aan aardbevingen en aardbevingsrisico. Om dit effect te kunnen vaststellen, moet het eventuele effect van aardbevingen en aardbevingsrisico geïsoleerd worden van andere factoren die effect hebben op huizenprijzen in het risicogebied. Daartoe is in dit onderzoek gebruikgemaakt van de zogenoemde hedonische prijsmethode. In het onderzoek zijn verschillende stappen gezet – de afbakening van het risicogebied, de selectie van referentiewoningen en de constructie van de bevingsindicatoren en de controlevariabelen die in de uiteindelijke regressieanalyse zijn gebruikt – die hieronder beknopt worden toegelicht en waarop in de bijlagen uitgebreider wordt ingegaan. Dit hoofdstuk is op hoofdlijnen hetzelfde als hoofdstuk 2 in het rapport *Vijf jaar na Huizinge* maar waar relevant geactualiseerd.

### 2.1 De hedonische prijsmethode

De hedonische prijsmethode is de wetenschappelijk gangbare methode om de (positieve of negatieve) waarde van een bepaald verschijnsel (zoals aardbevingen) in te schatten, waarvoor geen eigen markt bestaat waarop een prijs tot stand komt.<sup>23</sup> De hedonische prijsmethode gaat ervan uit dat mensen de voor- en nadelen van een bepaalde woonlocatie meewegen in hun bereidheid om te betalen voor een woning op zo'n locatie.<sup>24</sup> Overlast en onveiligheid in de woonomgeving zijn factoren die de woningprijzen in theorie beïnvloeden.<sup>25</sup> Daarmee is het centrale idee dat ook (het risico op) aardbevingen op die manier via een lagere woningprijs tot uiting komt.

<sup>23</sup> De onderzoekers die dit onderzoek naar de prijseffecten van aardbevingen hebben uitgevoerd hebben op deze manier eerder met succes het effect van overstromingsrisico op de huizenprijzen in Nederland geïsoleerd van het prijseffect van andere kenmerken (M. Bosker, H. Garretsen, G. Marlet, C. van Woerkens, 2018: Nether Lands. Evidence on the price and perception of rare natural disasters, in: Journal of the European Economic Association (accepted)). Met de gebruikte methode en indicatoren wordt bovendien aangesloten bij eerder onderzoek waarmee huizenprijsverschillen in Nederland worden verklaard (G.A. Marlet, 2009: De aantrekkelijke stad. Moderne locatietheorieën en de aantrekkingskracht van Nederlandse steden (VOC Uitgevers, Nijmegen); H. Garretsen, G. Marlet, 2017: Amenities and the Attraction of Dutch Cities, in: Regional Studies, 51, 5, pp. 724-736) en grondprijsverschillen op woonlocaties (H. de Groot, G. Marlet, C. Teulings, W. Vermeulen, 2011: The Urban Land Premium (Edward Elgar Publishers)).

<sup>24</sup> S. Rosen, 1974: Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition, in: Journal of Political Economy, 82, pp.34-55; J. Roback, 1982: Wages, rents, and the quality of life, in: Journal of political economy, 90, p.1257-1278.

<sup>25</sup> De verlangde compensatie voor een woning die in een relatief onveilige woonomgeving staat bleek in de VS in de jaren tachtig bijvoorbeeld gemiddeld 2200 dollar per woning te zijn. Zie: G.C. Blomquist, M.C. Berger, J.P. Hoehn, 1988: New estimates of Quality-of-life in Urban Areas, in: The

De hedonische prijsmethode gaat uit van de *feitelijke transacties* op de woningmarkt in het risicogebied.<sup>26</sup> In dit onderzoek wordt de prijs van verkochte woningen in het risicogebied met hedonische prijsanalyses vergeleken met de prijs van verkochte referentiewoningen buiten het risicogebied maar op voor het overige zo goed mogelijk vergelijkbare locaties.<sup>27</sup> Op die manier wordt zo goed mogelijk uitgesloten dat er prijsverschillen zijn die het gevolg zijn van andere locatiekenmerken dan aardbevingen en aardbevingsrisico.

De gebruikte gegevens over woningtransacties zijn afkomstig van de Nederlandse Vereniging van Makelaars (NVM). Hoewel verreweg het grootste deel van de makelaars in Nederland (en in de provincie Groningen) bij de NVM is aangesloten, heeft dit tot gevolg dat niet alle transacties in dit onderzoek zijn meegenomen. Het Kadaster registreert wel alle transacties maar registreert in vergelijking met de NVM een veel beperkter aantal woningkenmerken en bovendien het moment van overdracht in plaats van transactie. Omdat het voor het bepalen van het effect van (het risico op) bevingen op de woningprijs van belang is zo goed mogelijk rekening te houden met woningkenmerken en het transactiemoment, is het gebruik van de NVM-database voor dit type onderzoek te prefereren boven de gegevens van het Kadaster.

---

American Economic Review, 78, 1, pp. 89-107. Zie voor Nederland: H. Garretsen, G. Marlet, 2017: Amenities and the Attraction of Dutch Cities, in: Regional Studies, 51, 5, pp. 724-736.

<sup>26</sup> De vraag is of die transactiepreizen het hele verhaal vertellen van wat er gaande is op de woningmarkt in het risicogebied. Het beeld zou eventueel kunnen worden vertekend indien alleen de beste woningen nog verkocht worden of wanneer woningen langer te koop staan of onverkoopbaar zijn geworden. Zie hierover: CMO STAMM & Sociaal Planbureau Groningen, 2016: Wonen en leven met aardbevingen. Meningingen, knelpunten en oplossingsrichtingen van burgers (CMO STAMM & Sociaal Planbureau Groningen, Groningen). Hier zijn echter geen aanwijzingen voor. Uit eerder onderzoek bleek dat de looptijd van verkochte woningen in het risicogebied niet langer was dan die in vergelijkbare gebieden; het gevonden verschil was drie à vier dagen en statistisch niet significant (M. Bosker, H. Garretsen, G. Marlet, R. Ponds, J. Poort, R. van Dooren, C. van Woerkens, 2016: Met angst en beven. Verklaringen voor dalende huizenprijzen in het Groningse aardbevingsgebied (Atlas voor gemeenten/Rijksuniversiteit Groningen)). Ook bleek uit dat onderzoek dat de staat van onderhoud (zowel binnen als buiten) van de woningen die per 1 oktober 2015 te koop stonden iets beter was dan van de verkochte woningen. Als alleen de beste woningen nog verkocht worden, zou je precies het omgekeerde verwachten. Onderzoek van het Centraal Bureau voor de Statistiek bevestigt dat beeld (CBS, 2016: Woningmarktontwikkelingen rondom het Groningenveld: 1<sup>e</sup> kwartaal 1995 tot en met 2<sup>e</sup> kwartaal 2016 (CBS, Den Haag)). Het onderzoek laat zien dat de kenmerken van de verkochte en te koop staande woningen in het aardbevingsgebied niet afwijken van de totale woningvoorraad in dat gebied als het gaat om oppervlakte, WOZ-waarde en bouwjaar.

<sup>27</sup> Op die manier wordt aangesloten bij het principe van *propensity score matching*, zie bijvoorbeeld: G.W. Imbens & J.M. Wooldridge, 2009: Recent Developments in the Econometrics of Program Evaluation. Journal of Economic Literature 47.1 (5-86); G.W. Imbens, 2004: Nonparametric estimation of average treatment effects under exogeneity: A review. Review of Economics and statistics 86.1 (4-29).

## 2.2 De afbakening van het risicogebied

Het eerder genoemde onderzoek van Ortec en het CBS en de eerste studies van Atlas voor gemeenten gaan uit van een *a priori* opgelegde afbakening van het risicogebied langs gemeentegrenzen. In andere studies, namelijk die van Koster & Van Ommeren en van Durán & Elhorst, volgt de afbakening van het gebied met waardedaling empirisch uit de analyse, op basis van het aantal als ‘voelbaar’ bestempelde bevingen respectievelijk de cumulatieve grondsnelheid (vanaf een drempelwaarde).

In het onderzoek *Vijf jaar na Huiszinge* heeft Atlas voor gemeenten naar aanleiding van eerdere aanbevelingen (zie hoofdstuk 1) de *a priori* opgelegde afbakening langs gemeentegrenzen losgelaten. In plaats daarvan is voor de gebiedsafbakening gebruikgemaakt van het aandeel woningen met toegekende schadeclaims. De afbakening van het risicogebied is daarmee langs empirische weg gebaseerd op een indicator die samenvalt met de mate waarin het risico op de woningmarkt wordt beleefd. De mate waarin woningen in een gebied zijn beschadigd door aardbevingen blijkt hier namelijk een goede graadmeter voor te zijn. De beschadigingen zijn ‘objectief’ (in de zin dat er in principe door experts is vastgesteld dat de schade door bevingen is veroorzaakt<sup>28</sup>) en het betreft openbare informatie; de locaties waar veel of weinig schade is, zijn bekend. Als potentiële kopers aardbevingen en bevingsrisico mee laten wegen in hun beslissingen, ligt het voor de hand dat de mate waarin een gebied wel of geen schade aan woningen kent van invloed is op de prijs.

Voor het potentiële risicogebied is in eerste instantie uitgegaan van alle 4-positie-postcodegebieden (4-ppc, de vier cijfers) waar minimaal één keer schadebudget is toegekend. Vervolgens is in het onderzoek *Vijf jaar na Huiszinge* onderzocht of er een bepaalde grens in het percentage schadegevallen aan te geven is waarbij er geen negatief prijseffect meer is. Dat bleek inderdaad zo te zijn; in de gebieden met minder dan 20% schade was er geen negatief prijseffect. Daarom is uiteindelijk uitgegaan van een risicogebied dat bestaat uit alle postcodegebieden met 20% of meer toegekende schadeclaims door aardbevingen. In dit onderzoek wordt

<sup>28</sup> Hierbij dient wel de kanttekening te worden gemaakt dat de NAM in het kader van minnelijke regelingen ook in veel schadegevallen vergoeding zal hebben toegekend wanneer eigenlijk geen sprake is geweest van aardbevingsgerelateerde schades.

hetzelfde empirisch vastgestelde risicogebied gehanteerd. Zie bijlage 1 voor een meer gedetailleerde beschrijving van de afbakening van het risicogebied.

---

## 2.3 De selectie van referentiewoningen

Voor elke woning die tussen 16 augustus 2012 en 31 december 2017 in het potentiële risicogebied is verkocht, is een referentiewoning elders in Nederland geselecteerd. Daarbij is rekening gehouden met individuele locatiekenmerken en met het moment van verkoop. Als aanvullend criterium mogen de referentiewoningen niet in een gebied liggen waar ooit een schademelding in verband met aardbevingen is toegekend. Op die manier is zo goed mogelijk uitgesloten dat er referentiewoningen zijn die zelf ook last hebben van het (imago-)effect van aardbevingen.<sup>29</sup>

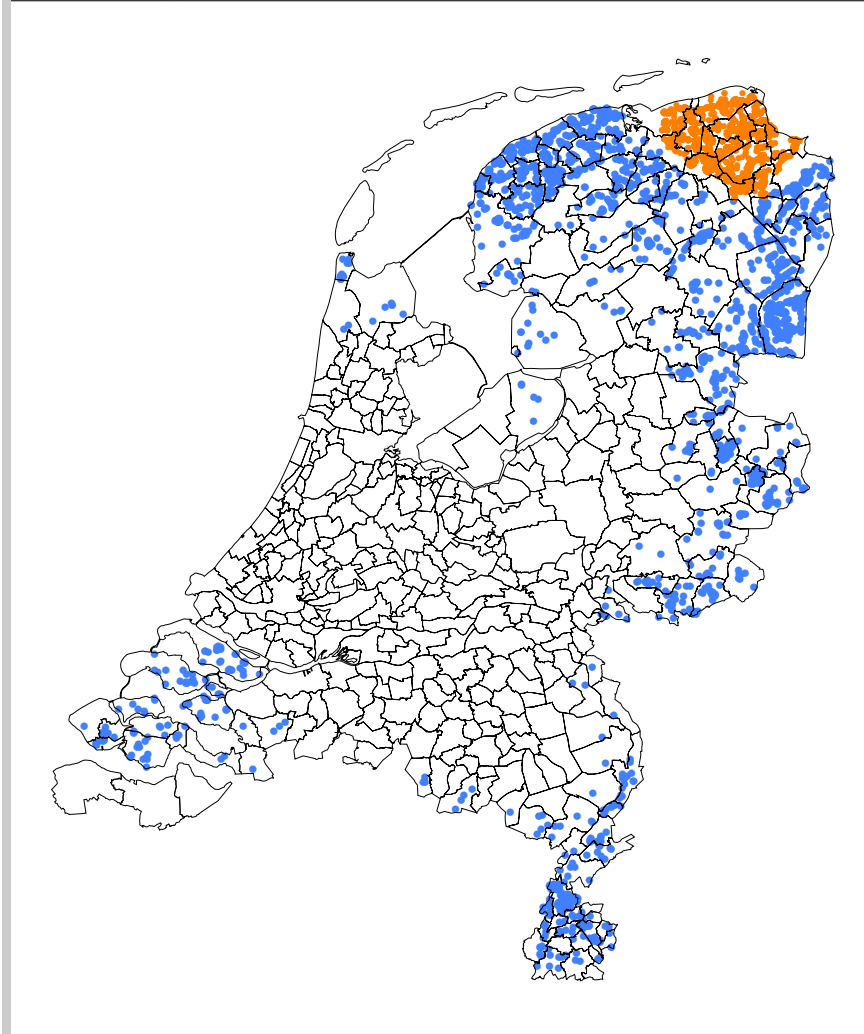
De geselecteerde referentiewoning is dus in dezelfde periode verkocht en staat op een locatie die qua locatiescore zo goed mogelijk overeenkomt met de plek in het potentiële risicogebied, met uitzondering van de aardbevingshistorie en het risico op aardbevingen. Bijlage 2 beschrijft de selectie van referentiewoningen in meer detail.

Kaart 2.1 toont de locaties van alle transacties (vanaf ‘Huizinge’ tot en met het vierde kwartaal van 2017) in het risicogebied (oranje stippen) en de bijbehorende locaties van referentiewoningen (blauwe stippen). In totaal gaat het om 8103 verkochte woningen in het risicogebied en 3775 referentiewoningen. Gemiddeld is één referentiewoning dus voor 2,15 woningen in het risicogebied de beste match. De *sample* voor dit onderzoek bestaat dan uit een totaal van 11.879 observaties. Bij het schatten van de modellen bleek dat voor een klein aantal woningen niet alle relevante woningkenmerken bekend waren. De uiteindelijke *sample* bestaat daardoor uit 11.840 observaties. Als robuustheidsanalyse is voor de belangrijkste modelvarianten ook een variant geschat waarbij de referentiewoningen gewogen zijn naar hoe vaak ze voorkomen. In die modellen komt het aantal observaties op 16.206. Omdat van 16.166 observaties alle relevante woningkenmerken bekend waren is dat de uiteindelijke *sample* voor deze modellen.

---

<sup>29</sup> Bij de selectie van referentiewoningen is nog geen rekening gehouden met individuele woningkenmerken; voor prijsverschillen ten gevolge van verschillen in woningkenmerken wordt in de hedonische prijsregressies met zogenoemde controlevariabelen gecorrigeerd.

Kaart 2.1 Locaties van alle transacties in het risicogebied (oranje stippen) en de bijbehorende locaties van referentiewoningen (blauwe stippen)



## 2.4 De bevingindicatoren

Om het prijseffect van aardbevingen en aardbevingsrisico geïsoleerd te kunnen onderzoeken, is de ontwikkeling van de transactiepreizen van woningen in het risicogebied vergeleken met de ontwikkeling van de

transactieprijzen van referentiewoningen. Die prijsverschillen kunnen aardbevingsgerelateerd zijn. Om dat te kunnen onderzoeken zijn op basis van de economische theorie over het verwachte effect van aardbevingen op huizenprijzen<sup>30</sup> voor dit onderzoek verschillende ‘bevingsindicatoren’ geconstrueerd:

1. Een indicator voor het eventuele bestaan van een imago-effect, die aangeeft of een woning al dan niet ligt in het risicogebied zoals toegelicht in paragraaf 2.2 en bijlage 1.
2. Een indicator die per verkochte woning de feitelijke *bevingsgeschiedenis* aangeeft, dat wil zeggen het aantal bevingen boven een bepaalde grondsnelheid, of de cumulatieve grondsnelheid van al die bevingen. Daarvoor is gebruikgemaakt van de aardbevingscatalogus van het KNMI. In dat bestand staat de plek van het epicentrum van alle geïnduceerde aardbevingen die hebben plaatsgevonden en de diepte waarop die beving heeft plaatsgevonden. Die gegevens van het KNMI zijn bewerkt om per locatie de resulterende grondsnelheid te berekenen. Zie hoofdstuk 4 voor een uitgebreide beschrijving hiervan.
3. Een indicator die de *schadehistorie* van een woning weergeeft: of de woning schade heeft gehad en zo ja, hoeveel compensatie daarvoor is ontvangen en of dit bedrag € 1000 of meer bedraagt (de ondergrens voor het kunnen deelnemen aan de Waardevermeerderingsregeling). Bijlage 3 geeft nadere informatie over de schadehistorie.

---

## 2.5 De controlevariabelen

Verschillen in prijzen tussen – qua locatiekenmerken identieke – woningen kunnen echter ook het gevolg zijn van verschillen in kenmerken van die woningen zelf: type woning, bouwperiode, staat van onderhoud, enzovoorts. Daarom zijn er bij het inschatten van het effect van aardbevingen en aardbevingsrisico verschillende zogenoemde ‘controlevariabelen’ gebruikt die corrigeren voor samenstellingseffecten:

---

<sup>30</sup> Zie hiervoor: M. Bosker, et al., 2016: Met angst en beven. Verklaringen voor de dalende huizenprijzen in het Groningse aardbevingsgebied (Atlas voor gemeenten, Utrecht).

verschillen in de gemiddelde woningkenmerken tussen de woningen in het risicogebied en de woningen op de referentielocaties. Deze controlevariabelen zijn grotendeels volledig objectieve variabelen zoals oppervlakte, type woning, bouwperiode, parkeergelegenheid, en voor een klein deel subjectieve variabelen zoals een inschatting van de staat van onderhoud van de woning en de tuin. Deze inschatting is gemaakt door een makelaar die de woning verkocht waardoor het niet ondenkbaar is dat er een zekere bias zit in deze inschatting ten faveure van de verkopende partij. Als deze bias structureel is, heeft dat gevolgen voor de interpretatie van deze variabelen (een oordeel als ‘goed’ kan dan in de praktijk minder gunstig zijn dan verwacht). Deze indicatoren worden in dit onderzoek echter alleen gebruikt als controlevariabele om zo goed mogelijk uit te sluiten dat het gevonden effect van bevingen niet door andere factoren wordt veroorzaakt. Zolang het gebruik van deze predicaten niet systematisch verschilt tussen het risicogebied en de referentielocaties, maakt het niet uit wanneer makelaars collectief een wat rooskleurige voorstelling van zaken geven.

In bijlage 4 is een volledige modelspecificatie opgenomen met daarin een complete lijst van de in dit onderzoek gebruikte controlevariabelen en hun effect op de prijsverschillen van woningen op basis van enkele modellen in hoofdstuk 3 en 4.

---

## 2.6 De regressieanalyse

Met hedonische prijsregressies voor alle woningen in het risicogebied en alle referentiwoningen is uiteindelijk onderzocht hoe de transactieprijzen van woningen in het risicogebied verschillen van de transactieprijzen van de referentiwoningen en door welke factoren – zowel de bevingsindicatoren als de controlevariabelen – die prijsverschillen te verklaren zijn. Op deze manier kan zo goed mogelijk het effect van aardbevingen en aardbevingsrisico's op de prijs van woningen worden geïsoleerd van andere effecten. Daarnaast is rekening gehouden met de mogelijke variatie binnen het risicogebied; door het gebruik van de drie verschillende bevingsindicatoren zijn zowel het eventuele prijseffect van feitelijke aardbevingen (bevings- en schadehistorie) als het imago-effect voor de regio als geheel (ligging in het risicogebied) onderzocht.

---

### 3 Actualisatie *Vijf jaar na Huizinge*

Een eerste onderzoeksstap is het actualiseren van de belangrijkste modelschattingen uit het rapport *Vijf jaar na Huizinge* met woningtransacties, schadedata en bevingen tot en met 31 december 2017. Tabel 3.1 geeft de resultaten daarvan. De modellen 1a, 2a en 3a geven de resultaten uit dat onderzoek. De modellen 1b, 2b en 3b geven de resultaten van exact dezelfde modellen met de geactualiseerde data. Een vergelijking van de coëfficiënten tussen model 1a en 1b laat zien dat de gevonden effecten voor de periode tot en met Q4 2017 redelijk vergelijkbaar zijn met die voor de periode tot en met Q2 2017. Dat geldt ook voor model 2a en 2b en model 3a en 3b. Het actualiseren van de belangrijkste analyses uit *Vijf jaar na Huizinge* met twee extra kwartalen leidt dus tot vergelijkbare resultaten.

Model 1b is een actualisatie van het model dat in dat rapport als de beste schatting voor de effecten van bevingen en bevingsrisico is beschouwd. Het imago-effect voor ligging in het risicogebied komt nu op uit -2,0%. Daarnaast is er een additioneel effect van -1,1% voor elke ‘voelbare’ beving die ooit op de plek van de verkochte woning – tot het moment van verkoop – heeft plaatsgevonden.<sup>31</sup> Woningen die in aanmerking kwamen voor de Waardevermeerderingsregeling zijn gemiddeld voor een 2,6% hogere prijs verkocht.

Zoals aangegeven in hoofdstuk 1 bood de NAM via de Tijdelijke Regeling Waardevermeerdering (WVM) vanaf 17 januari 2014 een subsidie van maximaal € 4000 aan eigenaren van woningen in het aardbevingsgebied met een bevingsschade van minimaal € 1000. Daarmee konden zij energiebesparende of -opwekkende maatregelen financieren die de waarde van hun woning verhoogden, zoals bijvoorbeeld zonnepanelen. Dergelijke controlevariabelen zitten niet in het model. Als de puntschatting van 2,6% wordt vertaald in euro's door deze te vermenigvuldigen met de gemiddelde transactieprijs van woningen in de sample die in aanmerking komen voor deze regeling (ruim € 190.000), komt dit op een geschat waardevermeerderend effect van gemiddeld ongeveer € 4900. Dit ligt iets boven het uitgekeerde bedrag. Dat kan het gevolg zijn van de onzekerheid in de schatting (de standaardfout correspondeert met ongeveer € 1200) of

---

<sup>31</sup> De definitie van een voelbare beving is niet eenduidig. In deze variant is van dezelfde voortplantingsfunctie voor bevingen en dezelfde drempelwaarde van 5 mm/s uitgegaan als in het rapport *Vijf jaar na Huizinge*. In hoofdstuk 4 worden deze voortplantingsfunctie en drempelwaarde nader bekeken.



komt bijvoorbeeld doordat eigenaren zelf ook investeren in aanvullende maatregelen als de totale kosten boven de € 4000 uitkomen. Ook kan meespelen dat bepaalde reeds bestaande gebreken in geval van toegekende bevingsschade volledig worden hersteld, waardoor woningen met herstelde schade per saldo gemiddeld in een iets betere staat zouden kunnen verkeren.

Op basis van dit model zou een woning in het risicogebied op een locatie waar drie ‘voelbare’ bevingen hebben plaatsgevonden een gemiddelde waardedaling van -5,3% hebben, opgebouwd uit -2,0% voor het imago-effect en 3 maal -1,1% voor de bevingen. Als deze woning in aanmerking kwam voor de Waardevermeerderingsregeling zou de ‘netto waardedaling’ dus uitkomen op -3,0%.

**Tabel 3.1 Resultaten modelschattingen actualisatie modellen uit *Vijf jaar na Huizinge***

| Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen per vierkante meter          | 1a<br>Vijf jaar na Hui-<br>zinge | 1b<br>Update        | 2a<br>Vijf jaar na Hui-<br>zinge | 2b<br>Update        | 3a<br>Vijf jaar na Hui-<br>zinge | 3b<br>Update        |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                       |                                  |                     |                                  |                     |                                  |                     |
| Ligging in het risicogebied (>20% schade)                                | -0,018<br>(-3,2)***              | -0,020<br>(-3,6)*** |                                  |                     | 0,042<br>(4,3)***                | 0,039<br>(4,3) ***  |
| - periode 1; van augustus 2012 tot en met januari 2014                   |                                  |                     | -0,028<br>(-2,7)***              | -0,027<br>(-2,4)**  |                                  |                     |
| - periode 2; van februari 2014 tot en met juni 2016                      |                                  |                     | -0,016<br>(-2,3)**               | -0,019<br>(-2,6)*** |                                  |                     |
| - periode 3; van juli 2016 tot en met juni 2017                          |                                  |                     | -0,012<br>(-1,1)                 | -0,017<br>(-1,9)**  |                                  |                     |
| Aantal bevingen van 5 mm/sec of meer                                     | -0,011<br>(-7,3)***              | -0,011<br>(-8,0)*** | -0,011<br>(-7,3)***              | -0,011<br>(-8)***   |                                  |                     |
| Cumulatieve grondsnelheid (in het risicogebied)                          |                                  |                     |                                  |                     | -0,005<br>(-8,4)***              | -0,004<br>(-8,9)*** |
| Toegekend budget voor schadeherstel van € 1000 of meer (dummy-variabele) | 0,023<br>(3,4)***                | 0,026<br>(4,1) ***  | 0,022<br>(3,1)***                | 0,025<br>(3,8) ***  | 0,030<br>(4,3)***                | 0,032<br>(4,9) ***  |
| Kwartaal-dummy's                                                         | ja                               | ja                  | Ja                               | ja                  | ja                               | ja                  |
| Huizen-kenmerken                                                         | ja                               | ja                  | Ja                               | ja                  | ja                               | ja                  |
| N                                                                        | 10.322                           | 11.840              | 10.322                           | 11.840              | 10.322                           | 11.840              |
| R2                                                                       | 0,49                             | 0,49                | 0,49                             | 0,49                | 0,49                             | 0,49                |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. De t-waarde geeft de mate van statistische significantie weer. Met \* is aangegeven als een verband met 90% zekerheid statistisch significant is, met \*\* als dat met 95% zekerheid het geval is, en met \*\*\* bij 99% zekerheid. Alle modellen zijn geschat met zogenoemde robuuste standaardfouten. In bijlage 4 staat de volledige modelspecificatie van het basismodel (model 1b), inclusief de coëfficiënten van de controlevariabelen.

Het belangrijkste verschil zit tussen model 2a en model 2b waar getest wordt in hoeverre de omvang van het regionale imago-effect verschilt door de tijd, door een onderscheid te maken naar drie periodes:

1. van augustus 2012 ('Huizinge') tot en met januari 2014 (aankondiging compenserende maatregelen waaronder de Regeling Waardedaling);
2. van februari 2014 tot en met juni 2016 (nieuw Gasbesluit waarin het verder terugdringen van de gaswinning wordt aangekondigd), en;
3. van juli 2016 tot en met juni 2017 in model 2a en tot en met december 2017 in model 2b.

In model 2b wordt de variabele voor ligging in het risicogebied in de derde periode significant negatief (-1,7%) terwijl deze in model 2a weliswaar negatief was (-1,2%) maar niet statistisch significant afweek van 0. De belangrijkste reden voor deze verandering is waarschijnlijk de toename van het aantal observaties in de laatste periode waardoor het effect voor ligging in het risicogebied met meer zekerheid geschat kan worden. Daarin ligt ook de toegevoegde waarde van het actualiseren van deze modellen door het toevoegen van twee extra kwartalen.

Als derde model is de variant uit *Vijf jaar na Huizinge* geactualiseerd waarin een alternatief is gebruikt voor het aantal voelbare bevingen boven de grens van 5 mm/s: de cumulatieve grondsnelheid van alle bevingen (zie hoofdstuk 4 voor een nadere beschrijving). Deze alternatieve indicator houdt rekening met de mogelijkheid dat een zwaardere beving meer effect heeft dan een lichtere. Dit gebeurt niet bij het lineair tellen van het aantal bevingen met een grondsnelheid van minimaal 5 mm/s: elke beving boven die grens telt in die modellen even zwaar mee. De indicator voor cumulatieve grondsnelheid heeft bij de actualisatie (model 3b) een vergelijkbaar, significant negatief effect als in het rapport *Vijf jaar na Huizinge* (model 3a). De indicator voor ligging in het gebied heeft wederom een positieve coëfficiënt.

---

### 3.1 Robuustheidsanalyse schade

In het rapport *Vijf jaar na Huizinge* bleek een toegekend schadebudget van € 1000 of meer – waardoor een woningeigenaar aanspraak kon maken op de Waardevermeerderingsregeling – samen te hangen met een 2,3 tot 3,0% hogere transactieprijs. De omvang van het budget en schadetoekenningen onder de € 1000 bleken geen significant effect te hebben op de transactieprijs.

Ook de actualisatie in tabel 3.1 geeft vergelijkbare, statistisch significante coëfficiënten voor de dummyvariabele voor een schadetoekenning van € 1000 of meer. De vraag die resteert is of de omvang van het budget en schadetoekenningen onder de € 1000 ook in de geactualiseerde dataset geen significant effect hebben naast die dummyvariabele.

Tabel 3.2 geeft het antwoord op die vraag. Model 1b is identiek aan het gelijknamige model uit tabel 3.1. Model 1c laat zien dat een dummy voor schadetoekenningen onder € 1000, waarbij woningeigenaren dus niet in aanmerking kwamen voor de Waardevermeerderingsregeling, geen effect heeft. De puntschatting voor de variabele voor minder dan € 1000 schade is weliswaar negatief, maar niet significant afwijkend van nul. Ook de omvang van het toegekende schadebudget heeft naast die dummy geen effect (model 1d). De puntschatting is licht negatief, maar wijkt niet significant af van nul.

Deze resultaten uit *Vijf jaar na Huizinge* zijn dus robuust en zijn ook goed te begrijpen omdat als het herstel van fysieke schade goed is uitgevoerd, het negatieve effect van de schade op de waarde van de woning gecompenseerd zou moeten zijn – zeker als potentiële kopers erop kunnen vertrouwen dat dit in de toekomst ook gaat gebeuren. Een eventueel negatief effect zou dan nog kunnen voortkomen uit een afschrikwekkend effect dat uit kan gaan van zichtbaar herstel (stigma). Daar staat echter het punt tegenover dat bepaalde reeds bestaande gebreken in geval van toegekende bevestigingsschade volledig worden hersteld; per saldo zijn geen aanwijzingen voor een stigma-effect gevonden. In hoofdstuk 6 wordt nog een extra analyse gedaan naar een mogelijk stigma-effect voor schade bij woningen in de directe omgeving van een verkochte woning.

Tabel 3.2 Resultaten robuustheidsanalyse schade

| Afhankelijke variabele: huizen-<br>prijzen per vierkante meter (log)       | 1b                | 1c                | 1d                |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                         |                   |                   |                   |
| Ligging in risicogebied<br>(>20% schade)                                   | -0,020<br>(-4)*** | -0,019<br>(-4)*** | -0,019<br>(-4)*** |
| # voelbare bevingen<br>(5 mm/sec of meer)                                  | -0,011<br>(-8)*** | -0,011<br>(-8)*** | -0,011<br>(-8)*** |
| Schademelding toegekend met<br>budget € 1000 of meer (dummy-<br>variabele) | 0,026<br>(4,1)*** | 0,025<br>(3,9)*** | 0,031<br>(1,8)*   |
| Schademelding toegekend met<br>budget < € 1000 (dummy-<br>variabele)       |                   | -0,011<br>(-0,8)  |                   |
| Omvang budget<br>(IHS transformatie)                                       |                   |                   | -0,001<br>(-0,3)  |
| Kwartaaldummy's                                                            | ja                | ja                | ja                |
| Huizenkenmerken                                                            | ja                | Ja                | ja                |
| N                                                                          | 11840             | 11840             | 11840             |
| R                                                                          | 0,49              | 0,49              | 0,49              |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

### 3.2 Robuustheidsanalyse woning- en locatiekenmerken

De modelschattingen in tabel 3.1 houden rekening met een groot aantal woningkenmerken (zie bijlage 4). Daarmee wordt gecorrigeerd voor mogelijke verschillen tussen woningen in het risicogebied en de referentiewoningen, waardoor het effect van ligging in het risicogebied en het aantal bevingen zo zuiver mogelijk wordt geschat. De mate waarin dat lukt, hangt samen met de vraag of de goede woningkenmerken zijn geselecteerd als controlevariabele. Daar is geen eenduidig antwoord op te vinden in de literatuur. In principe zouden alle woningkenmerken kunnen worden meegenomen die op uniforme wijze zijn verzameld en waarvan een positieve danwel negatieve invloed op de woningprijs kan worden verwacht. Daarbij moet uiteraard wel rekening worden gehouden met het aantal observaties: bij een groot aantal woningkenmerken en een relatief kleine dataset bestaat het risico op overspecificatie. Tevens is van belang dat

woningkenmerken voor vrijwel alle woningen in de sample bekend zijn. Dit om te voorkomen dat er een sample-restrictie ontstaat op basis van het ontbreken van bepaalde kenmerken. Zeker als dat niet willekeurig is, kan dit leiden tot een bias in de schattingen. In de gebruikte NVM-database geldt dat bepaalde kenmerken zo vaak ontbreken dat de sample kleiner wordt als die kenmerken worden opgenomen.

Een eerste inhoudelijke controle is of er een plausibele relatie bestaat tussen de woningkenmerken en de transactieprijs per vierkante meter. Op basis van de coëfficiënten van de controlevariabelen van model 1b uit tabel 3.1 blijkt dat het geval te zijn (zie bijlage 4). De variabelen waarvan te verwachten is dat ze samenhangen met een hogere vierkantemeterprijs blijken een positief en meestal significant effect te hebben en omgekeerd hebben de variabelen met een verwacht negatief effect dat in de praktijk ook.

Een tweede controle is het herschatten van het model met een andere set aan woningkenmerken. De vraag daarbij is of de richting en orde-grootte van de coëfficiënten voor ligging in het risicogebied, het aantal bevingen en de dummy voor € 1000 of meer schade anders worden bij het gebruik van meer, minder of andere woningkenmerken. Als dat zo is, impliceert het dat er andere woningkenmerken moeten worden meegenomen of dat bepaalde woningkenmerken (te) sterk samenhangen met één van de drie bevingensgerelateerde indicatoren. Dat laatste zou bijvoorbeeld het geval zijn in het extreme en hypothetische voorbeeld dat er in het risicogebied alleen bevingen zijn geweest op locaties met vrijstaande woningen en niet op locaties met andere typen woningen. De variabele die aangeeft of een woning vrijstaand is of niet meet dan onbedoeld ook of op de locatie van een woning wel of geen bevingen waren.

In tabel 3.3 staan de resultaten van vier alternatieve modelschattingen. In de modellen Woningkenmerken A, B en C is steeds een andere set woningkenmerken gebruikt. De selectie van de woningkenmerken is gebaseerd op andere studies. In variant A is zoveel mogelijk aangesloten bij de studie *Groei en Krimp*,<sup>32</sup> in variant B bij de studie van Koster en Van Ommeren (2015) en in variant C bij de studie van Durán en Elhorst (2018). In die derde variant bleken er voor een aanzienlijk aantal woningen

---

<sup>32</sup> W. Vermeulen, C. Teulings, G. Marlet en H. De Groot, 2016: *Groei en Krimp. Waar moeten we bouwen - en waar vooral niet?* (VOC Uitgevers, Nijmegen).

woningkenmerken in de NVM-database te ontbreken, waardoor de sample een stuk kleiner wordt dan bij de andere schattingen.<sup>33</sup>

De hoofdconclusie van de vergelijking van deze schattingen met het basismodel (1b in tabel 3.1 en 3.2) is dat de resultaten vergelijkbaar zijn: de coëfficiënten voor ligging in het gebied, het aantal bevingen en de schadevariabele hebben dezelfde richting en zijn qua omvang vergelijkbaar. In variant A is het effect voor ligging wat kleiner en in variant B is het effect voor het aantal bevingen en vooral schade groter. De coëfficiënten in variant C wijken relatief het sterkst af maar het is aannemelijk dat dit deels samenhangt met de kleinere sample.

Het vierde model in tabel 3.3 bevat dezelfde woningkenmerken als de modellen in tabel 3.1 en 3.2, maar kent een weging van de referentiewoningen. Zoals aangegeven in paragraaf 2.3 zijn veel referentiewoningen voor meerdere woningen in het risicogebied de beste match. Naarmate de verhouding tussen het aantal woningen in het risicogebied en het aantal referentiewoningen schever wordt, kan dat tot gevolg hebben dat het effect van aardbevingen en aardbevingsrisico's lastiger te schatten is. De vergelijking leunt dan te sterk op een relatief beperkt aantal referentiewoningen. Ook kan een verandering in het gebiedseffect door de tijd dan voor een deel in de kwartaaldummy's gaan zitten.

Een mogelijkheid om hiermee om te gaan zou kunnen zijn om voor elke woning een unieke referentiewoning te selecteren, maar dat zou tot gevolg hebben dat de match wat slechter wordt als voor een woning de beste match al 'bezet' is. Er is daarom gekozen om als gevoeligheidsanalyse de referentiewoningen te wegen naar het aantal keer dat ze als beste match uit de bus kwamen. De coëfficiënten in dit vierde model zijn op hoofdlijnen vergelijkbaar met het basismodel (1b in tabel 3.1 en 3.2); het effect van bevingen wordt iets negatiever en het effect van schade iets minder positief.

---

<sup>33</sup> Een alternatief zou het zelf bijschatten van de ontbrekende kenmerken zijn of deze de waarde '0' mee te geven. In beide gevallen neemt dan echter de kans op misspecificatie ook toe omdat onbekend is in hoeverre dit leidt tot correcte schattingen voor de ontbrekende woningkenmerken.

**Tabel 3.3 Resultaten robuustheidsanalyses: weging referenties en andere huizenkenmerken**

| Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen per vierkante meter         | Woningkenmerken A    | Woningkenmerken B)   | Woningkenmerken C)   | Weging met frequentierefs |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                      |                      |                      |                      |                           |
| Ligging in het risicogebied (>20% schade)                               | -0,014<br>(-2,6)***  | -0,019<br>(-3,0) *** | -0,011<br>(-1,7) *   | -0,020<br>(-4,4)***       |
| Aantal bevingen van 5 mm/sec of meer                                    | -0,011<br>(-8,1) *** | -0,016<br>(-9,8) *** | -0,010<br>(-5,8) *** | -0,014<br>(-11,1)***      |
| Toegekend budget voor schadeherstel van € 1000 of meer (dummyvariabele) | 0,025<br>(3,9)***    | 0,054<br>(7,5) ***   | 0,041<br>(5,6) ***   | 0,023<br>(3,7)***         |
| Kwartaaldummy's                                                         | ja                   | ja                   | ja                   | ja                        |
| Huizenkenmerken                                                         | ja                   | ja                   | ja                   | ja                        |
| N                                                                       | 11840                | 11840                | 8433                 | 16166                     |
| R                                                                       | 0,48                 | 0,33                 | 0,47                 | 0,48                      |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

De modellen in de voorgaande tabellen corrigeren niet voor omgevingskenmerken. De reden daarvoor is dat in dit onderzoek gebruik wordt gemaakt van *matching* op basis van omgevingskenmerken. De verkochte woningen in het risicogebied en de daaraan gekoppelde referentiewoningen zijn daardoor al vrijwel identiek als het gaat om omgevingskenmerken voor zover die relevant zijn voor de waarde. Door vervolgens te corrigeren voor verschillen in huizenkenmerken in de modelschattingen is zo goed mogelijk uitgesloten dat verschillen in transactiepreizen het gevolg zijn van andere factoren dan het risico op beving. Dat geldt in elk geval voor het effect van ligging in het gebied: dat is immers het verschil tussen de gemiddelde transactieprijs van alle verkochte woningen in het risicogebied en van de verkochte woningen op de referentielocaties.

Voor de bevingindicator, die varieert *binnen* het risicogebied, bestaat echter wel het risico dat het gevonden effect wordt beïnvloed door correlaties met locatiekenmerken. Als kenmerken van locaties in het risicogebied met



relatief veel bevingen bijvoorbeeld structureel ongunstiger zijn dan die in gebieden met weinig bevingen is het denkbaar dat het effect van bevingen wordt overschat wanneer die locatiekenmerken in het model ontbreken. Het aantal bevingen meet dan naast de bevingsintensiteit (onbedoeld) ook bijvoorbeeld het relatief lage aantal banen binnen acceptabele reistijd (*omitted variable bias*). Ook het omgekeerde kan het geval zijn, met een onderschatting van het effect van bevingen als gevolg: *omitted variable bias* kan zowel een over- als onderschatting van de relevante variabelen tot gevolg hebben.

Het toevoegen van locatiekenmerken als controlevariabele lost dit eventuele probleem in theorie op. Echter, locatiekenmerken die onvoldoende variëren tussen locaties en in de tijd, kunnen onbedoeld als dummy gaan werken voor (een deel van) het risicogebied en zo leiden tot een onderschatting van ligging in het gebied of van aardbevingen. Dat is eenvoudig in te zien bij het gebruik van echte dummy's voor buurten of gemeenten in de vorm van *fixed effects*. Daarmee zou in theorie kunnen worden gecontroleerd voor alle factoren die variëren per locatie maar niet door de tijd, maar deze *fixed effects* absorberen tevens het gemiddelde gebiedseffect ('imago-effect') over de meetperiode.<sup>34</sup> Ook bij het gebruik van locatiekenmerken die maar in beperkte mate variëren in de tijd of waarbij er een gemiddeld niveauverschil is tussen de woningen in het risicogebied en de referentielocaties, bestaat dit risico het aardbevingseffect te onderschatten. Om die reden is niet met zekerheid te stellen dat het toevoegen van locatiekenmerken leidt tot een betere meting van het effect van aardbevingen en aardbevingsrisico's, ook wanneer zij de verklaringskracht van het model verhogen. Het doel van dit onderzoek is immers niet om zo goed mogelijk de huizenprijs te voorspellen (via een model met een zo hoog mogelijke  $R^2$ )<sup>35</sup> maar om zo goed mogelijk het causale effect van bevingen en (toekomstig) bevingsrisico vast te stellen.<sup>36</sup>

Tabel 3.4 laat de resultaten zien van gevoeligheidsanalyses voor het wel of niet meenemen van omgevingskenmerken. Model 1 is een model zonder locatiekenmerken en zonder variabelen voor het aantal bevingen en schade

<sup>34</sup> Dat geldt zowel voor een negatief gebiedseffect zoals in de modellen 1a&b en 2a&b in tabel 3.1, als voor een eventueel positief effect zoals in de modellen 3a&b.

<sup>35</sup> Waar het toevoegen van *fixed effects* op gemeente- en buurniveau wel waardevol kan zijn – en in elk geval de zogenaamde  $R^2$  fors omhoog haalt.

<sup>36</sup> Zie voor een verdere wetenschappelijke discussie hierover: C. Young, 2018: The Difference Between Causal Analysis and Predictive Models: Response to "Comment on Young and Holsteen (2017)"; in *Sociological Methods & Research*. Nog te verschijnen – online in te zien via <https://doi.org/10.1177/0049124118782542>

maar met de variabele voor ligging in het gebied. Het gemiddelde effect in het risicogebied bedraagt in dit model -2%. Omdat er geen onderscheid gemaakt wordt binnen het gebied en de referentielocaties op de relevante omgevingsvariabelen zijn gematcht, zou dit model weinig vatbaar moeten zijn voor *omitted variable bias*.

Toch geeft model 2, waarin een aantal locatiekenmerken is toegevoegd, een iets kleiner gebiedseffect.<sup>37</sup> Vooral model 3, waarin een bredere set locatiekenmerken is toegevoegd,<sup>38</sup> geeft een beduidend kleiner effect. Omdat een overschatting van het effect in het model als gevolg van *omitted variable bias* hier minder plausibel is, is het aannemelijk dat deze afname (vooral) het gevolg is van een onbedoelde dummywerking van de locatievariabelen. Om deze reden worden de modellen met locatiekenmerken niet als basismodel beschouwd, maar zal van een aantal basismodellen als gevoeligheidsanalyse ook een variant met dezelfde locatiekenmerken als model 2 (en 4) in tabel 3.4 worden geschat.

De modellen 4 en 5 laten het effect zien van toevoeging van locatievariabelen aan het model met het aantal bevingen en schade: model 1b uit tabel 3.1. De coëfficiënt voor ligging in het gebied wordt in model 4 wat groter en die voor bevingen juist wat kleiner, maar de resultaten zijn relatief robuust bij het toevoegen van een kleine set locatiekenmerken. In model 5, met een grotere set locatiekenmerken, wordt het gebiedseffect juist weer kleiner en ligt het effect per beving wat dichterbij de waarde in model 1b uit tabel 3.1.

In tabel 3.5 zijn de resultaten weergegeven van dezelfde modelschatting als in tabel 3.4 maar dan met een weging van het aantal referentiewoningen naar het aantal keer dat ze geselecteerd zijn. Ook hier is in de modellen 2 en 3 een duidelijke afname van het gebiedseffect te zien als locatiekenmerken worden toegevoegd, die aannemelijk samenhangt met dummywerking van de toegevoegde variabelen. De verschillen zijn juist wat kleiner in de modellen 4 en 5 terwijl die modellen in beginsel vatbaarder zouden zijn voor over- of onderschatting door *omitted variabele bias*.

---

<sup>37</sup> Het gaat in dit model om locatiekenmerken die een relatief hoge verklaringskracht hebben (zie ook de variabelen in bijlage 2 met een hoge T-waarde): bereikbaarheid van banen, bereikbaarheid culturele voorzieningen, overlast, omvang en nabijheid van verschillende soorten 'groene en blauwe natuur': parken, weilanden en (binnen-)water.

<sup>38</sup> Te weten: (in aanvulling op bovengenoemde kenmerken) nabijheid tot andere voorzieningen als winkels en kinderopvang, nabijheid van historische kernen en kenmerken van de buurt als bebouwingsdichtheid en aandeel sociale huurwoningen.

Tabel 3.4 Resultaten robuustheidsanalyses: kleine en grote set locatiekenmerken

| Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen per m <sup>2</sup> | 1. Zonder locatie-kenmerken | 2. Met kleine set locatie-kenmerken | 3. Met grote set locatie-kenmerken | 4. Met kleine set locatie-kenmerken | 5. Met grote set locatie-kenmerken |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                             |                             |                                     |                                    |                                     |                                    |
| Ligging in het risicogebied (>20% schade)                      | -0,020<br>(-4,0)***         | -0,014<br>(-2,8) ***                | -0,003<br>(-0,6)                   | -0,025<br>(-5,2) ***                | -0,012<br>(-2,1) **                |
| Aantal bevingen van =>5 mm/sec                                 |                             |                                     |                                    | -0,006<br>(-4,3) ***                | -0,008<br>(-5,8) ***               |
| Dummy: toegekend budget voor schadeherstel van € 1000 of meer  |                             |                                     |                                    | 0,048<br>(8,7) ***                  | 0,046<br>(8,3) ***                 |
| Kwartaal-dummy's                                               | ja                          | ja                                  | Ja                                 | Ja                                  | ja                                 |
| Huizen-kenmerken                                               | ja                          | ja                                  | Ja                                 | Ja                                  | ja                                 |
| Locatie-kenmerken                                              | ja                          | ja                                  | Ja                                 | Ja                                  | ja                                 |
| N                                                              | 11840                       | 11840                               | 11840                              | 11840                               | 11840                              |
| R                                                              | 0,49                        | 0,61                                | 0,61                               | 0,61                                | 0,62                               |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

De robuustheidsanalyses in deze paragraaf leiden op hoofdlijnen tot vergelijkbare resultaten als de basismodellen; er is in alle modellen een generiek effect van ligging in het risicogebied (imago-effect) in combinatie met een additioneel effect van het aantal bevingen met een grenswaarde van 5 mm/s en een toegekend budget voor schadeherstel van € 1000 of meer. Hoewel de coëfficiënten voor deze drie variabelen logischerwijs wat variëren in de robuustheidsanalyses, is er geen aanleiding om een ander basismodel te selecteren voor de rest van dit onderzoek. Wel ligt het voor de hand om voor de belangrijkste resultaten in de komende hoofdstukken robuustheidsanalyses uit te voeren door het effect van het toevoegen van locatiekenmerken (kleine set) te toetsen en het effect van weging van de referentielocaties. Dat is vooral relevant in modellen waar variatie door de tijd wordt onderzocht en onderscheid wordt gemaakt naar typen woningen.

**Tabel 3.5 Resultaten robuustheidsanalyses: kleine en grote set locatiekenmerken en weging naar frequentie refs**

| Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen per m <sup>2</sup> | 1. Zonder locatie-kenmerken | 2. Met kleine set locatie-kenmerken | 3. Met grote set locatie-kenmerken | 4. Met kleine set locatie-kenmerken | 5. Met grote set locatie-kenmerken |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                             |                             |                                     |                                    |                                     |                                    |
| Ligging in het risicogebied (>20% schade)                      | -0,024<br>(-6,1)***         | -0,012<br>(-3,0)***                 | 0,001<br>(0,3)                     | -0,021<br>(-4,7)***                 | -0,006<br>(-1,2)                   |
| Aantal bevingen van =>5 mm/sec                                 |                             |                                     |                                    | -0,008<br>(-6,0)***                 | -0,009<br>(-7,3)***                |
| Dummy: toegekend budget voor schadeherstel van € 1000 of meer  |                             |                                     |                                    | 0,046<br>(8,4)***                   | 0,042<br>(7,9)***                  |
| Kwartaal-dummy's                                               | ja                          | ja                                  | ja                                 | ja                                  | ja                                 |
| Huizen-kenmerken                                               | ja                          | ja                                  | ja                                 | ja                                  | ja                                 |
| Locatie-kenmerken                                              | ja                          | ja                                  | ja                                 | ja                                  | ja                                 |
| N                                                              | 16166                       | 16166                               | 16166                              | 16166                               | 16166                              |
| R                                                              | 0,48                        | 0,60                                | 0,59                               | 0,60                                | 0,60                               |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

---

## 4 Actualisatie en verfijning bevingsindicator

Om het effect van een beving op de specifieke locatie van een woning te bepalen, zijn in beginsel de afstand tussen het epicentrum van de beving en de locatie van de woning van belang, in combinatie met de zwaarte en dominante frequentie van een beving. Afhankelijk van de wijze waarop aardbevingen zich voortplanten in de bodem, bepalen deze factoren samen de grondsnelheid en grondversnelling die een beving op de plek van een woning teweeg brengt. Vervolgens is de vraag hoe bepaalde groundbewegingen leiden tot mogelijke *schade* en *gevoelens van overlast of onveiligheid* en hoe deze factoren cumuleren wanneer het aantal voor een locatie relevante aardbevingen oploopt.

Omdat de grondsnelheid en grondversnelling niet (op elke locatie) worden gemeten, wordt in alle onderzoeken naar het effect van bevingen op huizenprijzen de grondsnelheid en grondversnelling per locatie voor elke beving berekend aan de hand van formules die voortkomen uit geologisch onderzoek. In dergelijk onderzoek worden algemene formules afgeleid van metingen van de grondsnelheid en grondversnellingen van bevingen op een aantal locaties.

In *Vijf jaar na Huizinge* gebruikte Atlas voor gemeenten voor de voortplanting van aardbevingen in de bodem een formule ontleend aan Dost et al. (2004, p. 166).<sup>39</sup> De maximale grondsnelheid (PGV, voor *peak ground velocity*) die bevingen op de locatie van woningen teweegbrengen wordt in die studie als criterium gehanteerd voor mogelijke effecten en in de basismodellen worden bevingen op een locatie meegeteld wanneer ze een PGV van ten minste 5 mm/s tot gevolg hebben. De keuze voor het gebruik van de formule van Dost et al. (2004), de focus op PGV en de gehanteerde grenswaarde van 5 mm/s zijn alle gebaseerd op een studie van Koster & Van Ommeren (2015). Deze formule wordt tevens gebruikt in Durán & Elhorst (2018).

Het onderzoek van Dost et al. (2004) waarin deze formule is ontwikkeld, is echter gebaseerd op metingen tot en met 2003 en is daarmee gedateerd, omdat juist daarna het aantal geïnduceerde bevingen in het risicogebied en

---

<sup>39</sup> B. Dost, T. van Eck & H. Haak, 2004: Scaling of peak ground acceleration and peak ground velocity recorded in the Netherlands, *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 45(3), pp. 153-168.

de kracht ervan is opgelopen. Inmiddels is er nieuw onderzoek verricht waarin de bevingen tot en met september 2017 zijn meegenomen. Daarom worden in paragraaf 4.1 en 4.2 de eerdere keuzes voor de PGV, de grenswaarde van 5 mm/s en de gebruikte voortplantingsformule opnieuw tegen het licht gehouden en geactualiseerd op basis van de meest actuele geologische inzichten over de aardbevingen in het risicogebied. Paragraaf 4.3 onderzoekt de verschillen tussen de oude en de geactualiseerde indicatoren. In paragraaf 4.4 wordt vervolgens het effect van de oude en de geactualiseerde indicatoren op de huizenprijs vergeleken en in paragraaf 4.5 wordt een aantal gevoeligheidsanalyses gepresenteerd.

---

#### 4.1 Actualisatie grenswaarde en gebruik PGV

De in 2017 geactualiseerde *Trillingsrichtlijn* van SBRCURnet<sup>40</sup> vormt een logisch vertrekpunt voor de keuze tussen grondsnelheid (PGV) en grondversnelling (PGA) en voor de te hanteren grenswaarde. Hoewel de trillingsrichtlijn niet specifiek is geschreven voor geïnduceerde aardbevingen, staat daarover: *“Aardbevingen brengen een bouwwerk vanuit de fundering in trilling. Deze trillingsniveaus kunnen ook beoordeeld worden volgens de richtlijn. Hierbij dient wel aandacht te worden geschonken aan het gebruik van het juiste frequentiebereik.”* (p. 14).

Hoofdstuk 10 van de *Trillingsrichtlijn* presenteert een methode voor het bepalen van grenswaarden voor het ontstaan van schade, afhankelijk van enkele factoren zoals de dominante frequentie van de trilling en de constructie. In zijn algemeenheid schrijft de *Trillingsrichtlijn* over de grenswaarden: *“Als de trillingsbelasting lager is dan de grenswaarde, dan is de kans op constructieve schade nihil en de kans op niet constructieve schade acceptabel klein. Trillingen in combinatie met een andere schadefactor kunnen er voor zorgen dat bij een trillingsbelasting rond de grenswaarde in een enkel geval toch niet-constructieve schade ontstaat of bestaande schade wordt vergroot.”* (p. 12). Onder niet-constructieve schade wordt schade verstaan die geen betrekking heeft op de constructieve veiligheid van een gebouw, maar die wel zichtbaar kan zijn (bijvoorbeeld een scheur in metselwerk) en op die manier de economische waarde en de gebruikswaarde van een gebouw kan verminderen.

---

<sup>40</sup> SBRCURnet, november 2017: SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan bouwwerken: 2017 en SBR Trillingsrichtlijn B: Hinder voor personen: 2017.

De grenswaarden voor het ontstaan van schade worden in de richtlijn primair gerelateerd aan de maximale *trillingssnelheid*  $V_{\text{top}}$  bij de dominante frequentie. Dat is in lijn met diverse andere studies<sup>41</sup> en het eerdere onderzoek van Atlas voor gemeenten, Koster & Van Ommeren en Durán & Elhorst (2018) waarin ook gerekend is met grondsnelheid en niet met grondsversnelling. De grenswaarde  $V_r$  is vervolgens afhankelijk van a) de dominante frequentie van de trilling, b) de categorie van het bouwwerk, alsmede correctiefactoren voor c) het type trilling en d) de bouwkundige staat.

Uit onderzoek van TNO op basis van de bevingen in Groningen in 2014 en 2015 blijken gemiddelde dominante frequenties van 8 en 13 Hz.<sup>42</sup> Aangezien frequenties tot en met 10 Hz volgens de *Trillingsrichtlijn* corresponderen met de *laagste* grenswaarde (tabel en figuur op p. 67), wordt uitgegaan van een dominante frequentie van 10 Hz. Voorts wordt de *laagste* grenswaarde behorend bij gebouwen van Categorie 2 (metselwerk) gehanteerd. Dit resulteert in een **karakteristieke grenswaarde ( $V_{\text{kar}}$ ) van 5 mm/s**, gelijk aan die in het voorgaande onderzoek. Dit is de grens waarboven gegeven de frequentie van de trilling er schade zou kunnen ontstaan aan metselwerk.

Deze waarde dient eventueel nog gecorrigeerd te worden voor partiële veiligheidsfactoren voor het *type trilling* en de *bouwkundige staat/monumentale status*. Voor het type trilling bestaat onderscheid tussen kortdurend, herhaald kortdurend en continu. Daarvan is ‘kortdurend’ het meest passend.<sup>43</sup> Dit geeft een correctiefactor 1, dus geen correctie. Voor de bouwkundige staat geldt een correctiefactor 1 bij een normale staat/geen monument en een factor 1,7 voor gevoelige structuren en monumenten. Veiligheidshalve kan worden uitgegaan van die tweede correctiefactor. Daarmee komt de **grenswaarde voor de trillingssnelheid  $V_r$**  vanuit het perspectief van mogelijke **schade** uit op  $5/1,7 = 2,9 \text{ mm/s}$ . Dit sluit goed aan bij de

<sup>41</sup> Zie in dit kader: D.J. Wald, V. Quitoriano, T.H. Heaton, H. Kanamori, C.W. Scrivner & B. Worden, 1999: Trinet “Shakemaps”: Rapid Generation of Peak Ground Motion and Intensity Maps for Earthquakes in Southern California, *Earthquake Spectra*, 15(3) 537-555 en: D.J. Wald, V. Quitoriano, T.H. Heaton, H. Kanamori, 1999: Relationships between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity in California. *Earthquake Spectra*, August 1999, Vol. 15, No. 3, pp. 557-564. In deze artikelen wordt gesteld dat aardbevingsschade met name samenhangt met *grondsnelheden* (PGV): “The kinetic energy available for damage is well characterized by PGV”. Het voelen van aardbevingen hangt mogelijk meer samen met *grondversnellingen*.

<sup>42</sup> Te weten 8 Hz voor de x- en y-kanalen en 13 Hz voor het z-kanaal. H. Borsje, J.P. Pruiksman, S.A.J. de Richemont, 12 december 2016: Monitoringsnetwerk gebouwtrillingen – Analyse aardbevingen in 2014 en 2015, TNO Rapport nummer R10217, p. 20.

<sup>43</sup> Bij continue trillingen moet bijvoorbeeld gedacht worden aan trillingen als gevolg van machines in of bij een gebouw; herhaald kortdurende trillingen zijn bijvoorbeeld afkomstig van weg- en railverkeer of heiwerkzaamheden.

drempelwaarde die volgt uit de voorgaande editie van de SBR-Trillingsrichtlijn. Voor oude en monumentale gebouwen met grote cultuurhistorische waarde (SBR-gebouwencategorie 3) betrof dit 3 mm/s.<sup>44</sup>

Naast het mogelijk veroorzaken van schade is *voelbaarheid* een ander aspect van bevingen. Voelbaarheid van trillingen is in belangrijke mate subjectief, zeker bij kleine snelheden, en datzelfde geldt voor de mate waarin een gevoelde trilling tot overlast leidt. De *SBR Trillingsrichtlijn B: Hinder voor personen in gebouwen* (die sinds 2006 niet meer geactualiseerd is) stelt dat trillingen met een  $V_{\max}$  van minder dan 0,1 mm/s niet voelbaar zijn en dus ook niet tot hinder leiden. Daar boven kunnen ze net voelbaar zijn. Trillingen kunnen dus over het algemeen veel eerder gevoeld worden dan dat ze schade aan gebouwen kunnen toebrengen. Voor incidentele trillingsoverlast van één dag – hetgeen nog het meest vergelijkbaar is met de kort durende trillingen als gevolg van incidentele aardbevingen – geldt een onderste streefwaarde voor de maximale trillingssnelheid van 0,8 mm/s.<sup>45</sup>

Relevant zijn in dit kader ook de bevindingen van het programma ‘*Did you feel it?*’ in de Verenigde Staten, waarin meetgegevens worden gekoppeld aan waarnemingen van burgers met betrekking tot het voelen van aardbevingen en het optreden van schade.<sup>46</sup> Bevingen met een waarde van I op de *intensiteitsschaal van Mercalli* (MMI, voor *Modified Mercalli Intensity scale*) worden volgens het onderzoek niet gevoeld. Deze hebben een maximale grondsnelheid tot 1 mm/s.<sup>47</sup> Bevingen van II tot III op de schaal staan te boek als ‘zwak’ en worden slechts door enkele personen, onder gunstige omstandigheden gevoeld. Zij zijn vergelijkbaar met trillingen als gevolg van voorbijgaand verkeer.<sup>48</sup> Dit correspondeert met een PGV tussen 1 en 11 mm/s en een PGA tussen 17 en 137 mm/s<sup>2</sup>.<sup>49</sup> Zeer lichte schade kan volgens dit onderzoek optreden vanaf een intensiteit van V op de MMI, corresponderend met een grondsnelheid van 34 mm/s of meer. Dat is ruim tienmaal zo veel als wat volgt uit de *Trillingsrichtlijn* (2,9 mm/s) en vrijwel

<sup>44</sup> Zie: NAM, augustus 2017: Trillingsschade aan gebouwen. Informatiedocument. Versie 1.0. (p. 24).

<sup>45</sup> De bijbehorende bovenste streefwaarde voor de maximale trillingssnelheid is 6,0 mm/s. Zie: <https://www.trillingen.com/artikelen/trillingsmetingen-sbr-richtlijn-b/3>.

<sup>46</sup> USGS, 2003: Shakemap – A Tool for Earthquake Response, USGS Fact Sheet F5-087-03; G.M. Atkinson & D.J. Wald, 2007: “Did You Feel It?” Intensity Data A Surprisingly Good Measure of Earthquake Ground Motion. *Seismological Research Letters*, 78 (3), 362-368; D.J. Wald, V. Quitoriano, B. Worden, M. Hopper, J.W. Dewey, 2011: USGS “Did You Feel It?” Internet-based macroseismic intensity maps. *Annals of Geophysics*, 54(6), 688-707.

<sup>47</sup> USGS, 2003: Shakemap – A Tool for Earthquake Response, USGS Fact Sheet F5-087-03.

<sup>48</sup> [nl.wikipedia.org/wiki/Schaal\\_van\\_Mercalli](https://nl.wikipedia.org/wiki/Schaal_van_Mercalli).

<sup>49</sup> USGS, 2003: Shakemap – A Tool for Earthquake Response, USGS Fact Sheet F5-087-03. De bron drukt de PGA uit als percentage van de valversnelling  $g$  van 9,81 m/s<sup>2</sup>.



gelijk aan de hoogst gemeten PGV van 34,6 mm/s sinds het begin van de metingen in 2006 als gevolg van de Huizingebeving in 2012, op twee kilometer van het epicentrum.<sup>50</sup>

Ook in Europees verband is er (wat langer geleden) een relevant rapport verschenen over aardbevingen, dat heeft geresulteerd in de *European Macroseismic Scale 1998* oftewel EMS-98.<sup>51</sup> Bevingen vanaf klasse II op deze schaal zijn onder de meest gunstige omstandigheden voelbaar (in minder dan 1% van de gevallen). Vanaf klasse III voelen enkelen in rust de beving en kunnen hangende voorwerpen licht schommelen. Vanaf klasse IV wordt de beving *binnen* door velen gevoeld maar *buiten* slechts door enkelen. Glaswerk in de kast en ruiten kunnen rinkelen, maar er is nog altijd geen schade. Lichte, niet-structurele schade aan kwetsbare gemetselde gebouwen kan optreden vanaf klasse V. Het rapport gaat echter vooral over de classificatie van schade in relatie tot bouwtechnieken en legt geen verband tussen de klassen en de PGV- of PGA-waarde ter plaatse. In een latere publicatie leggen drie van de auteurs van de EMS-98 wel de link met andere intensiteitsschalen, waarbij de EMS-98 gelijk loopt met de MMI.<sup>52</sup> De grenswaarde voor schade op de EMS-98 (klasse V) komt dus ongeveer overeen met klasse V op de MMI, oftewel een grondsnelheid vanaf 34 mm/s.

Hoewel diverse bronnen aangeven dat de grenswaarde voor de voelbaarheid van aardbevingen sterker samenhangt met de maximale grondversnelling PGA dan met de maximale grondsnelheid PGV,<sup>53</sup> wordt er in deze studie voor gekozen ook voor de voelbaarheid van bevingen een grenswaarde te hanteren gerelateerd aan de PGV. De reden hiervoor is dat voor de maximale trillingssnelheid en niet voor de PGA geactualiseerde

<sup>50</sup> J.J. Bommer, P.J. Stafford & N. Ntinalaxis, november 2017: Empirical Ground-Motion Prediction Equations for Peak Ground Velocity from Small-Magnitude Earthquakes in the Groningen Field Using Multiple Definitions of the Horizontal Component of Motion. Updated Model for Application to Smaller Earthquakes. P.4.

<sup>51</sup> G. Grünthal, R.M.W. Musson, J. Schwarz, M. Stucchi, 1998: European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). European Seismological Commission.

<sup>52</sup> R.M.W. Musson, G. Grünthal, M. Stucchi, 2010: The comparison of macroseismic intensity scales. *Journal of Seismology* 14(2). P. 413-428.

<sup>53</sup> Zie bijvoorbeeld D.J. Wald, V. Quitoriano, T.H. Heaton, H. Kanamori, C.W. Scrivner & B. Worden, 1999: Trinet "Shakemaps": Rapid Generation of Peak Ground Motion and Intensity Maps for Earthquakes in Southern California, *Earthquake Spectra*, 15(3) 537-555 en D.J. Wald, V. Quitoriano, T.H. Heaton, H. Kanamori, 1999: Relationships between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity in California. *Earthquake Spectra*, August 1999, Vol. 15, No. 3, pp. 557-564. Ook in T. Postmes et. al (Januari 2018). Reacties op de beving van Zeerijp. Voorlopige resultaten van het panel Gronings Perspectief, waarin de meetgegevens van de Zeerijp-beving analoog aan het Amerikaanse DYFI-programma worden gekoppeld aan de bevindingen van inwoners, wordt de link gelegd tussen PGA en voelbaarheid.

voortplantingsformules beschikbaar zijn. Bovendien leggen zowel de *SBR Trillingsrichtlijn B: Hinder voor personen in gebouwen* als de uitkomsten van het Amerikaanse *Did You Feel It*-programma een koppeling met de maximale trillingssnelheid. Op grond daarvan wordt voor **voelbare bevingen** een **grenswaarde voor de PGV** voorgesteld van **1 mm/s**. Volgens de MMI zijn bevingen vanaf deze PGV ‘zwak’ en net voelbaar voor enkelen en dit ligt dicht bij de onderste streefwaarde voor incidentele trillingsoverlast van één dag volgens de verouderde *Trillingsrichtlijn B*.

Samenvattend: een grenswaarde voor de trillingssnelheid (PGV) van **5 mm/s** – zoals gehanteerd in *Atlas voor Gemeenten* (2017), Koster & Van Ommeren (2015) en Durán & Elhorst (2018) – komt overeen met de (laagste) karakteristieke grenswaarde voor het ontstaan van *schade aan gebouwen* van Categorie 2 (metselwerk). Veiligheidshalve wordt daarnaast gewerkt met een lagere grenswaarde voor *schade aan gevoelige structuren en monumenten* van **2,9 mm/s**. Voor potentieel *voelbare bevingen* wordt voorts een grenswaarde gehanteerd van **1 mm/s**.

Voor het mogelijke effect van bevingen wordt enerzijds gekeken naar het *aantal bevingen* dat op een locatie een PGV boven deze drempelwaarden teweegbracht.<sup>54</sup> Anderzijds wordt gekeken naar de *cumulatieve grondsnelheid*.<sup>55</sup> Deze tweede maat houdt – beter dan het aantal voelbare bevingen – rekening met het verschil tussen zwaardere en lichtere bevingen boven de drempelwaarde. Anders dan in eerdere studies wordt daarbij echter alleen gecumuleerd over bevingen met een lokale PGV boven de grenswaarden. Bevingen met een PGV ter plaatse onder deze grenswaarden worden dus niet meegenomen in de cumulatieve PGV, omdat het niet aannemelijk is dat dergelijke bevingen schade veroorzaken of gevoeld kunnen worden.

Behalve aardbevingen veroorzaakt de gaswinning ook bodemdaling. Box 4.1 gaat daar kort op in en concludeert dat het onaannemelijk is dat bodemdaling tot schade aan woningen leidt. Derhalve is er geen aanleiding bodemdaling een rol te laten spelen in de modelspecificaties.

---

<sup>54</sup> Zoals in *Atlas voor Gemeenten* (2017) en Koster & van Ommeren (2015).

<sup>55</sup> Zoals in *Atlas voor Gemeenten* (2017) en Durán & Elhorst (2018).

#### **Box 4.1 Bodemdaling**

De sterkste bodemdaling als gevolg van de gaswinning is gemeten in de omgeving van Loppersum, waar de bodem ongeveer 32 centimeter is gedaald. Volgens voorspellingen uit 2015 zal de bodem er tot 2100 nog 18 centimeter verder dalen, maar in verband met het recente besluit de gaswinning af te bouwen en op termijn te staken zal dat volgens de huidige verwachtingen minder zijn.

De bodemdaling heeft vooral gevolgen voor de waterhuishouding. De scheefstand van gebouwen als gevolg van de bodemdaling bedraagt op een gevel van 10 meter momenteel minder dan 0,1 millimeter. Zelfs bij een honderd maal zo grote scheefstand van 1 cm valt volgens de Commissie Bodemdaling nog geen schade van enige betekenis te verwachten. Ook schade als gevolg van ongelijkmatige zakking door veranderingen in de grondwaterstand is niet aannemelijk.

---

## **4.2 Voortplanting aardbevingen**

Koster & Van Ommeren (2015), Atlas voor Gemeenten (2017) en Durán & Elhorst (2018) hanteren de formules van Dost et al. (2014) voor de voortplanting van aardbevingen. Deze zijn gebaseerd op metingen tot en met 2003 en daarmee gedateerd: juist daarna is het aantal geïnduceerde bevingen in het risicogebied en de kracht ervan opgelopen. Inmiddels zijn studies beschikbaar waarin de bevingen in de periode vanaf 2006 tot en met september 2017, zoals vastgelegd met het meetnetwerk van het KNMI, zijn geanalyseerd (Bommer et al., 2016 en 2017).<sup>56</sup> Dit heeft een meer nauwkeurige en actuele voortplantingsfunctie opgeleverd. Details van deze nieuwe functie staan in bijlage 5.

De figuren 4.1 en 4.2 laten zien hoe de oude formule van Dost et al. (2004) en de meer actuele formule van Bommer et al. (2017) zich tot elkaar verhouden. Figuur 4.1 geeft de berekende PGV recht boven de locatie van een aardbeving (epicentrum), afhankelijk van de magnitude van een aardbeving: bij elke magnitude geeft de meer actuele formule een hogere PGV. Bij de maximale magnitude van 3.6 op de schaal van Richter is het verschil opgelopen tot 1,25 cm/s.

---

<sup>56</sup> J.J. Bommer, P.J. Stafford & N. Ntinalexis, november 2016: Empirical Ground-Motion Prediction Equations for Peak Ground Velocity from Small-Magnitude Earthquakes in the Groningen Field Using Multiple Definitions of the Horizontal Component of Motion; J.J. Bommer, P.J. Stafford & N. Ntinalexis, november 2017: Empirical Ground-Motion Prediction Equations for Peak Ground Velocity from Small-Magnitude Earthquakes in the Groningen Field Using Multiple Definitions of the Horizontal Component of Motion. Updated Model for Application to Smaller Earthquakes.

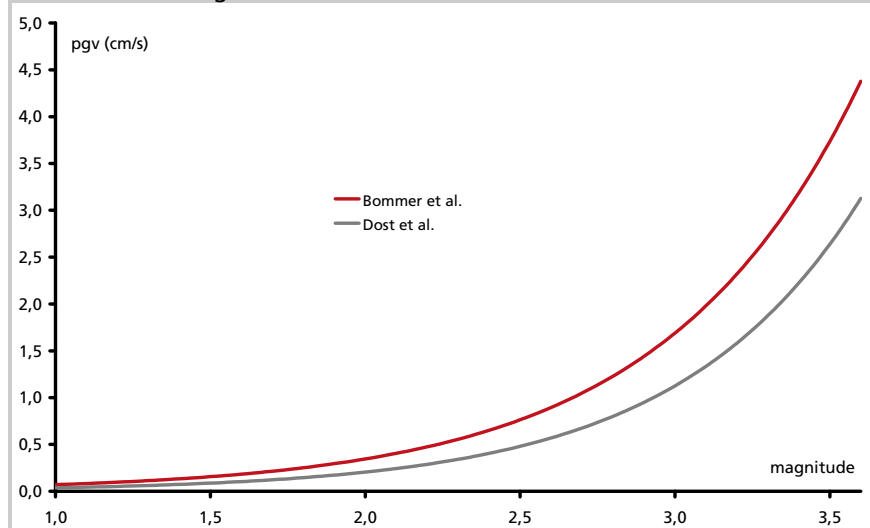
Figuur 4.2 geeft de berekende PGV van een aardbeving met magnitude 3.6, afhankelijk van de afstand tot het epicentrum. Bij kleinere afstanden is de PGV volgens Bommer et al. hoger (zoals ook te zien is in figuur 4.1) maar de PGV valt sneller af en vanaf 2,4 kilometer van het epicentrum is de PGV volgens Bommer et al. juist lager. Voor bevingen met lagere magnitude ligt dit snijpunt dicht bij het epicentrum: bij een magnitude van 1.8 op 1,1 kilometer.

Bommer et al. (2017) ontwikkelden hun formules op basis van gegevens over bevingen met een magnitude tussen 1.8 en 3.6. Extrapolatie naar aardbevingen met een hogere of lagere magnitude wordt afgeraden. 3.6 was de kracht van de beving bij Huizinge van 16 augustus 2012, de sterkste beving ooit in het gebied. Extrapolatie naar een hogere magnitude is dus niet aan de orde.

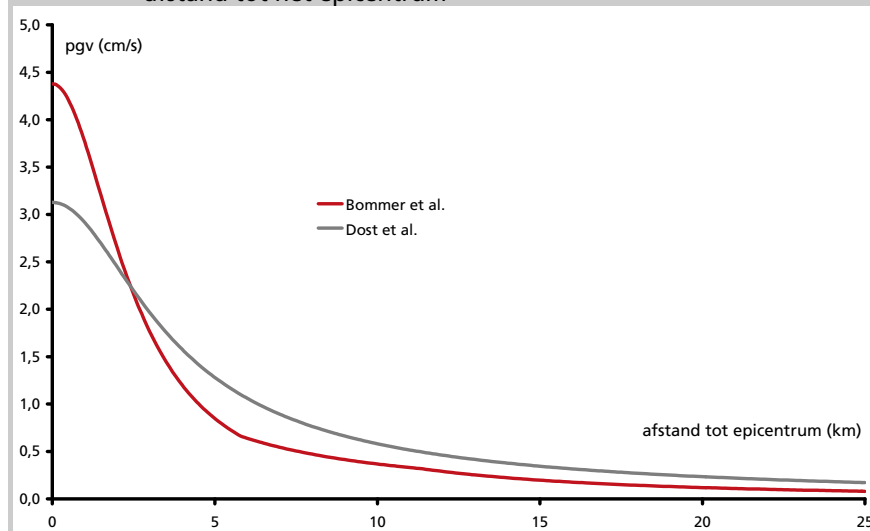
Wel zijn er veel bevingen geweest met een *lagere* magnitude en lijkt het onjuist deze bevingen te negeren, puur omdat gebruik van de formule tot hogere onnauwkeurigheid leidt. De grenswaarde voor de PGV van 5 mm/s wordt in het epicentrum echter pas vanaf een magnitude van 2.23 bereikt, dus extrapolatie van de formule is daarvoor niet nodig. Hetzelfde geldt voor de grenswaarde van 2,9 mm/s voor schade aan gevoelige structuren en monumenten, die in het epicentrum bij een magnitude van 1.89 wordt bereikt. Extrapolatie van de formule voor potentieel schadeveroorzakende bevingen is dus niet nodig. Figuur 4.3 illustreert dit: in de figuur zijn de gehanteerde grenswaarden ingetekend voor de grondsnelheid in het epicentrum.

Figuur 4.3 laat tevens zien dat de meer subjectieve grenswaarde voor voelbare bevingen van 1,0 mm/s *wel* bij lichtere bevingen wordt bereikt: in het epicentrum vanaf een magnitude van 1.22. Extrapolatie van de formule tot deze magnitude is dus nodig voor potentieel voelbare bevingen. Bij een magnitude van 1.8 wordt de gehanteerde grens voor voelbaarheid van 1,0 mm/s in een gebied met een straal van 1,4 kilometer bereikt.

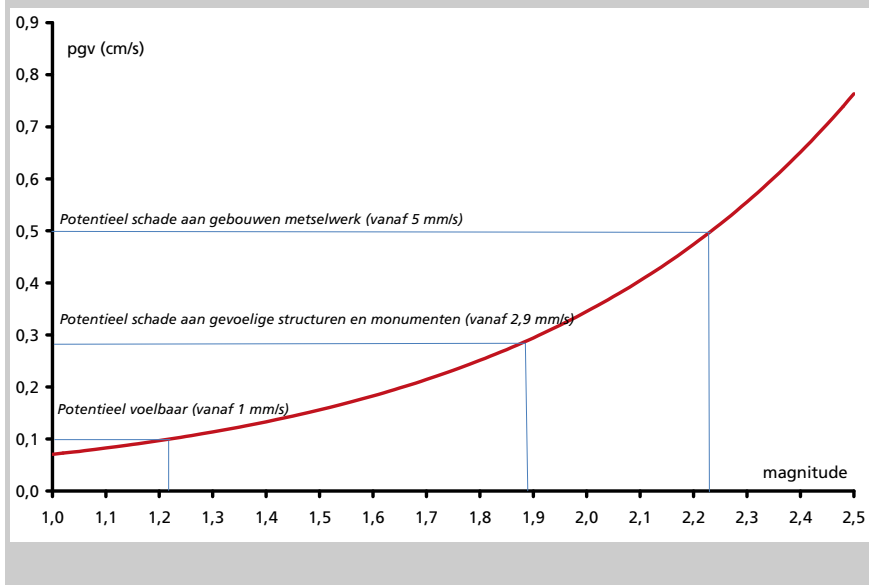
**Figuur 4.1** PGV boven de locatie aardbeving (epicentrum), afhankelijk van de magnitude



**Figuur 4.2** PGV van aardbeving met magnitude 3.6, afhankelijk van de afstand tot het epicentrum



**Figuur 4.3** PGV boven de locatie aardbeving (epicentrum) en grenswaarden



### 4.3 Beschrijvende statistieken oude en nieuwe indicatoren

In dit onderzoek wordt de meer actuele formule van Bommer et al. (2017) gebruikt om de PGV op een locatie als gevolg van een beving te berekenen. Deze formule geeft dichtbij het epicentrum hogere grondsnelheden en verder weg iets lagere (zie figuur 4.2). Extrapolatie van de formule buiten het geadviseerde bereik van magnitudes tussen 1.8 en 3.6 op de schaal van Richter is niet nodig voor potentieel schadeveroorzakende bevingen met een drempelwaarde voor de PGV van 2,9 of 5,0 mm/s, maar wel tot een magnitude van 1.22 voor potentieel voelbare bevingen (zie figuur 4.3).

Tabel 4.1 geeft het gemiddeld aantal bevingen vanaf de verschillende drempelwaarden in de dataset, de standaardafwijking daarin, de maximale waarde en het deel van de verkochte woningen in het risicogebied dat nooit een grondsnelheid boven de drempelwaarde heeft ervaren. De eerste regel laat zien dan met de oude formule van Dost et al. (2004) en de drempelwaarde van 5 mm/s, verkochte woningen in het gebied gemiddeld

één beving ervoeren. Het hoogste aantal was elf, en bijna tweederde van de woningen ervoer nooit een dergelijke grondsnelheid.

Actualisatie van de formule bij dezelfde drempelwaarde (regel 2) doet het gemiddelde en de spreiding afnemen. Dit komt doordat de PGV volgens de geactualiseerde formule verder van het epicentrum sneller afneemt (figuur 4.2). Ook het maximaal aantal bevingen op een locatie neemt af naar negen en ruim driekwart van de verkochte woningen ervoer volgens de nieuwe formule nog nooit een grondsnelheid van 5 mm/s of meer. Op grond hiervan is de hypothese dat deze bevingenvariabele in de modellen een wat hogere coëfficiënt zal krijgen.

Verlaging van de drempelwaarde naar 2,9 mm/s en 1,0 mm/s leidt logischerwijs tot een hoger gemiddelde – oplopend naar meer dan zes – een hoger maximum en een lager percentage dat nooit een beving boven die drempelwaarde ervoer. De spreiding wordt in vergelijking met het gemiddelde kleiner.

**Tabel 4.1 Beschrijvende statistieken bevingindicatoren: aantal boven drempelwaarde**

| Variabele         | Gemiddelde | Standaard-afwijking | % woningen waarde 0 | Max |
|-------------------|------------|---------------------|---------------------|-----|
| Dost – 5 mm/s     | 1,00       | 1,82                | 62%                 | 11  |
| Bommer – 5 mm/s   | 0,46       | 1,15                | 78%                 | 9   |
| Bommer – 2,9 mm/s | 1,27       | 2,15                | 55%                 | 13  |
| Bommer – 1,0 mm/s | 6,11       | 5,75                | 3%                  | 37  |

N = 8103

Tabel 4.2 geeft de beschrijvende statistieken van de bevingindicatoren op basis van de cumulatieve grondsnelheid. De eerste regel geeft weer de waarden bij het gebruik van de oude formule van Dost et al. (2004) zonder het gebruik van een drempelwaarde. Dat is de indicator zoals gebruikt in het model met cumulatieve PGV in *Vijf jaar na Huiszinge*. Tevens komt dit sterk overeen met de indicator zoals gebruikt in Durán & Elhorst (2018). Omdat

voor deze indicator ook zeer kleine PGV-waarden worden meegeteld, is de waarde voor geen enkele woning nul. Het gemiddelde komt op 15,3 mm/s.

Het verschil tussen de eerste regel en de andere regels laat zien hoe groot het effect is van het meetellen van kleine grondsnelheden onder een drempelwaarde. Zelfs bij de laagste drempel van 1,0 mm/s is de cumulatieve waarde gemiddeld ruim een factor tien kleiner, namelijk 1,4 mm/s. Met andere woorden: het grootste deel van de cumulatieve grondsnelheid zonder ondergrens bestaat uit trillingen die noch gevoeld kunnen worden, noch schade kunnen veroorzaken.

**Tabel 4.2 Beschrijvende statistieken bevingsindicatoren: cumulatieve grondsnelheid**

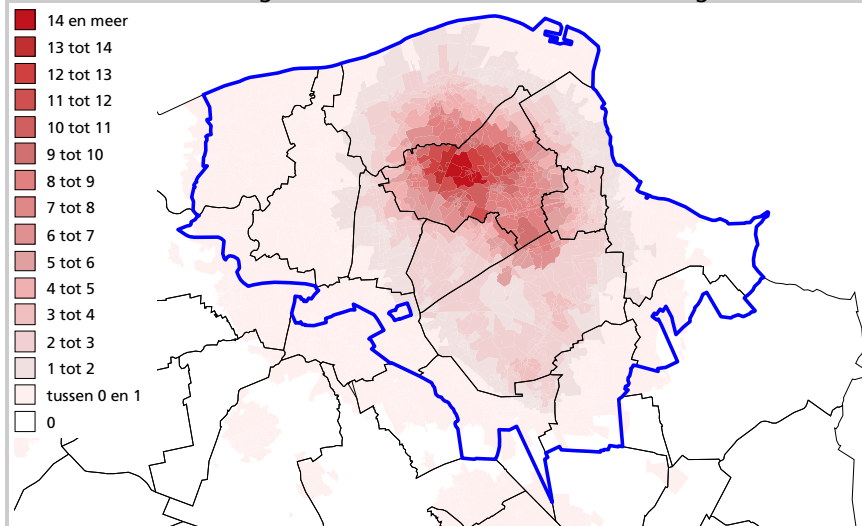
| Basis voor cumulatieve PGV | Gemiddelde | Standaard-afwijking | % woningen waarde 0 | Max  |
|----------------------------|------------|---------------------|---------------------|------|
| Dost – geen ondergrens     | 15,3       | 5,8                 | 0%                  | 38,4 |
| Dost – 5 mm/s              | 1,2        | 2,5                 | 62%                 | 13,6 |
| Bommer – 5 mm/s            | 0,4        | 1,1                 | 78%                 | 11,2 |
| Bommer – 2,9 mm/s          | 0,7        | 1,4                 | 55%                 | 12,7 |
| Bommer – 1,0 mm/s          | 1,4        | 1,9                 | 3%                  | 15,9 |

N = 8103

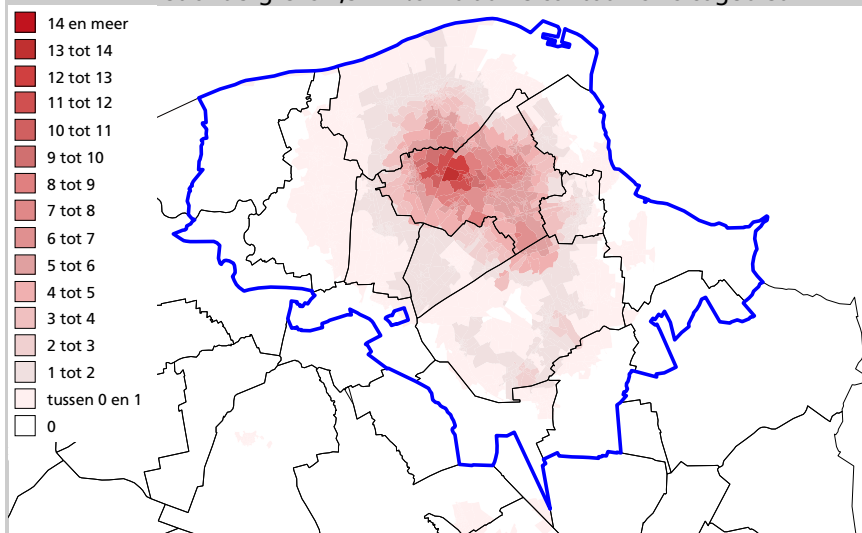
De kaarten 4.1 tot en met 4.3 laten zien hoe de cumulatieve grondsnelheid bij de drie drempelwaarden verdeeld is in het gebied. De blauwe lijn geeft steeds het risicogebied weer dat in deze studie wordt gehanteerd. Kaart 4.1 laat zien dat vrijwel dit hele gebied ten minste éénmaal een beving met een PGV van 1 mm/s of meer heeft ondervonden. Het deel dat een of meer bevingen met een PGV van 2,9 respectievelijk 5,0 mm/s ondervond is beduidend kleiner.

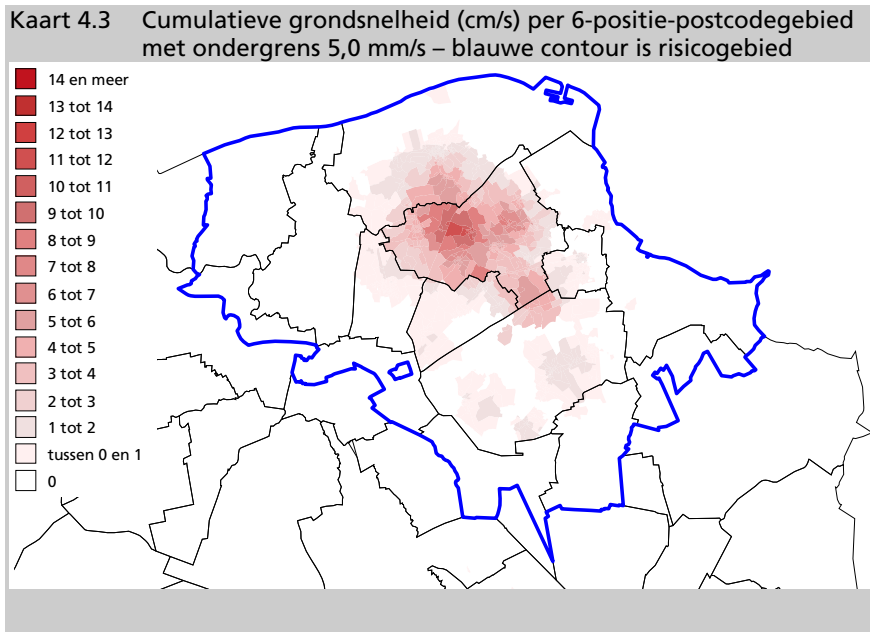


**Kaart 4.1** Cumulatieve grondsnelheid (cm/s) per 6-positie-postcodegebied met ondergrens 1 mm/s – blauwe contour is risicogebied



**Kaart 4.2** Cumulatieve grondsnelheid (cm/s) per 6-positie-postcodegebied met ondergrens 2,9 mm/s – blauwe contour is risicogebied





## 4.4 Resultaten

Tabel 4.3 toont het effect van de geactualiseerde voortplantingsformule en de verschillende drempelwaarden in het basismodel uit *Vijf jaar naar Huizinge* met het aantal bevingen, zonder onderscheid naar perioden. De eerste kolom is dus identiek aan model 1b uit tabel 3.1. Alle modellen hebben dezelfde verklaringskracht ( $R^2$ ) en de variabelen hebben op hoofdlijnen vergelijkbare significantieniveaus.

Toch zijn er wat verschillen. Het gebruik van de voortplantingsformule van Bommer et al. (2017) geeft bij een drempelwaarde van 5 mm/s zoals verwacht een iets hogere coëfficiënt voor de bevingsindicator. Ook het negatieve gebiedseffect wordt een fractie groter geschat en het effect van een toegekend schadebudget van € 1000 of meer wordt juist iets kleiner. Per saldo is het gemiddelde effect van deze kleine verschuivingen in de coëfficiënten niet groot: het gemiddelde effect over de gehele sample, exclusief het effect van schadebudget, wordt -2,85% in plaats van -3,10%. Inclusief het effect van schadebudget is het verschil nog kleiner. Het verschil zit dus vooral in de verdeling van de waardedaling in het gebied.

Tabel 4.3 Resultaten schatting met geactualiseerde bevingindicator - aantal

| Afhankelijke<br>variabele: (log)<br>huizenprijzen per<br>vierkante meter | Tabel 3.1,<br>model 1b<br>bevingen<br>≥ 5,0 mm/s<br>Dost | 2<br>bevingen<br>≥ 5,0 mm/s<br>Bommer | 3<br>bevingen<br>≥ 2,9 mm/s<br>Bommer | 4<br>bevingen<br>≥ 1,0 mm/s<br>Bommer |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                       |                                                          |                                       |                                       |                                       |
| Ligging in het<br>risicogebied<br>(>20% schade)                          | -0,020<br>(-3,6)***                                      | -0,022<br>(-3,9)***                   | -0,019<br>(-3,4) ***                  | 0,002<br>(0,04)                       |
| Aantal bevingen                                                          | -0,011<br>(-8,0)***                                      | -0,015<br>(-6,4) ***                  | -0,009<br>(-6,9) ***                  | -0,006<br>(-12,2)***                  |
| Toegekend budget<br>voor schadeherstel<br>van € 1000 of meer             | 0,026<br>(4,1)***                                        | 0,022<br>(3,5)***                     | 0,024<br>(3,8) ***                    | 0,037<br>(5,8)***                     |
| Gemiddeld effect<br>excl. schadebudget                                   | -3,10%                                                   | -2,85%                                | -2,96%                                | -3,65%                                |
| Gemiddeld effect<br>incl. schadebudget                                   | -2,25%                                                   | -2,12%                                | -2,16%                                | -2,43%                                |
| Kwartaaldummy's                                                          | ja                                                       | ja                                    | ja                                    | ja                                    |
| Huizenkenmerken                                                          | ja                                                       | ja                                    | ja                                    | Ja                                    |
| N                                                                        | 11840                                                    | 11840                                 | 11840                                 | 11840                                 |
| R                                                                        | 0,49                                                     | 0,49                                  | 0,49                                  | 0,49                                  |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

Het gebruik van een drempelwaarde van 2,9 mm/s geeft een vergelijkbaar beeld. Door de lagere drempel wordt de coëfficiënt wat kleiner en ook het gebiedseffect wordt iets kleiner, terwijl het gemiddelde effect over de hele sample vrijwel gelijk blijft.

Een drempelwaarde van 1 mm/s geeft een wat ander patroon: conform de verwachting wordt de bevingscoëfficiënt nog lager, maar het gebiedseffect wordt nu vrijwel nul en is niet significant. Dit suggereert dat de bevingsvariabele bij deze lage drempelwaarde de rol van de gebiedsdummy overneemt. Opmerkelijk is verder dat het effect van een toegekend schadebudget van € 1000 of meer een stuk groter wordt geschat, op 3,7%. Daarmee zou het effect fors groter zijn dan het budget van € 4000 waar bewoners via de Waardevermeerderingsregeling aanspraak op konden maken. In lijn hiermee wordt het gemiddelde effect over de gehele sample,

exclusief het effect van schadebudget groter (-3,65%), terwijl het gemiddelde inclusief dit effect (-2,43%) veel dichterbij de andere gemiddelden ligt.

Tabel 4.4 toont vervolgens het effect van de geactualiseerde voortplantingsformule en de verschillende drempelwaarden in het model uit *Vijf jaar naar Huzinge* met de cumulatieve grondsnelheid als bevestigingsvariabele. De eerste kolom is ditmaal gelijk aan model 3b uit tabel 3.1. Alle modellen hebben weer dezelfde verklaringskracht ( $R^2$ ) en de variabelen hebben op hoofdlijnen vergelijkbare significantieniveaus.

| Tabel 4.4 Resultaten schatting met geactualiseerde bevestigingsindicator - cumulatieve grondsnelheid                                                                                                                             |                                       |                        |                          |                          |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen per vierkante meter                                                                                                                                                                  | Tabel 3.1 model 3b<br>> 0 mm/s - Dost | 2<br>≥ 5,0 mm/s - Dost | 3<br>≥ 5,0 mm/s - Bommer | 4<br>≥ 2,9 mm/s - Bommer | 5<br>≥ 1,0 mm/s - Bommer |
| <i>Effect van:</i>                                                                                                                                                                                                               |                                       |                        |                          |                          |                          |
| Ligging in het risicogebied (>20% schade)                                                                                                                                                                                        | 0,039<br>(4,3)***                     | -0,019<br>(-3,4)***    | -0,022<br>(-4,0)***      | -0,020<br>(-3,6)***      | -0,013<br>(-2,3)***      |
| Cumulatieve PGV                                                                                                                                                                                                                  | -0,004<br>(-8,9)***                   | -0,007<br>(-6,4)***    | -0,012<br>(-4,5)***      | -0,010<br>(-5,1)***      | -0,010<br>(-7,0)***      |
| Toegekend budget voor schadeherstel van € 1000 of meer                                                                                                                                                                           | 0,032<br>(4,9)***                     | 0,023<br>(3,7)***      | 0,019<br>(3,0)***        | 0,021<br>(3,3)***        | 0,025<br>(4,0)***        |
| Gemiddeld effect excl. schadebudget                                                                                                                                                                                              | -3,01%                                | -2,76%                 | -2,63%                   | -2,69%                   | -2,83%                   |
| Gemiddeld effect incl schadebudget                                                                                                                                                                                               | -1,96%                                | -1,99%                 | -2,01%                   | -2,00%                   | -1,99%                   |
| Kwartaaldummy's                                                                                                                                                                                                                  | ja                                    | ja                     | Ja                       | ja                       | ja                       |
| Huizenkenmerken                                                                                                                                                                                                                  | ja                                    | ja                     | ja                       | ja                       | ja                       |
| N                                                                                                                                                                                                                                | 11840                                 | 11840                  | 11840                    | 11840                    | 11840                    |
| R                                                                                                                                                                                                                                | 0,49                                  | 0,49                   | 0,49                     | 0,49                     | 0,49                     |
| Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten. |                                       |                        |                          |                          |                          |

Er is echter één in het oog springend verschil: het (moeilijk uitlegbare) positieve gebiedseffect dat in het oude model werd gemeten, slaat om in een negatief effect zodra een drempelwaarde wordt gehanteerd voor het

cumuleren van de grondsnelheid. Zelfs bij de lage drempel van 1 mm/s wordt het gebiedseffect negatief en significant. Model 2, dat omwille van de vergelijkbaarheid nog gebruikmaakt van de oude formule van Dost et al. (2004), laat zien dat dit verschil niet komt door het gebruik van de geactualiseerde formule, maar door het gebruik van een drempelwaarde voor het cumuleren van grondsnelheid. Bij een drempelwaarde van 5,0 en 2,9 mm/s neemt het gebiedseffect nu een waarde aan rond -2,0%, dicht bij de waarden in modellen met het aantal bevingen in plaats van de cumulatieve PGV (tabel 4.3). De waarde bij een drempel van 1,0 mm/s wijkt weer licht af.

Het effect van een toegekend schadebudget van € 1000 of meer wordt in alle modellen met een drempel wat kleiner en komt daardoor eveneens meer in lijn met de waarden in tabel 4.3 (en met het budget van € 4000 in de Waardevermeerderingsregeling). Het gemiddelde effect over de sample, inclusief en exclusief dit effect, is ook in lijn met de waarden in tabel 4.3.

---

## 4.5 Gevoeligheidsanalyse

In tabel 4.1 en 4.2 is te zien dat meer dan de helft van de verkochte woningen in het gebied nooit een beving boven de drempelwaarde van 2,9 mm/s heeft ervaren. Bij de drempelwaarde van 5,0 mm/s is dat zelfs ruim driekwart. Dat roept de vraag op of de variabele voor het aantal bevingen mogelijk als dummy werkt voor de kern van het aardbevingsgebied en het feitelijke aantal boven één beving er niet toe doet.

In tabel 4.5 wordt die vraag onderzocht. De modellen 1, 3 en 5 zijn vergelijkbaar met de modellen 2, 3 en 4 uit tabel 4.3, met het verschil dat nu in plaats van een *variabele* voor het aantal bevingen boven de drempelwaarde, een *dummy* is opgenomen die nul is als een verkochte woning geen bevingen boven de drempel heeft ervaren, en één als een woning ten minste één beving heeft ervaren. De informatie over het aantal bevingen is ditmaal dus weggelaten.

Deze bevingsdummy is bij een drempelwaarde van 2,9 en 1 mm/s negatief maar niet meer significant. Bij een drempel van 5 mm/s is de dummy nog wel significant, maar de t-waarde is beduidend lager dan in het model in tabel 4.3 met een variabele in plaats van een dummy (3 in plaats van 8). Dit

vormt een sterke aanwijzing dat een variabele voor het aantal bevingen – ondanks de vele nullen in de dataset – te prefereren is boven een dummy voor wel of geen bevingen boven de drempelwaarde.

In de modellen 2, 4 en 6 is vervolgens naast de dummy een variabele opgenomen voor het aantal bevingen boven de drempelwaarde, voor zover dit boven de één uitkwam (dus het aantal bevingen vanaf twee). De toets is hier dus of bevingen na de eerste aanvullend effect hebben op de transactiepreizen. De tabel laat zien dat deze variabele bij elke drempelwaarde sterk significant is en een waarde aanneemt die vergelijkbaar is met die in de corresponderende modellen in tabel 4.3 of zelfs iets hoger. De dummy voor één of meer bevingen wordt in alle varianten positief en significant. Opnieuw wijst dit er dus op dat een variabele voor het aantal bevingen de verklaringskracht vergroot en er zijn geen aanwijzingen dat het effect van volgende bevingen na de eerste kleiner is.

**Tabel 4.5 Resultaten schatting met dummyvariabele voor wel of niet ooit bevingen gevoeld**

| Afhankelijke<br>variabele: (log)<br>huizenprijzen per<br>vierkante meter | 1<br>≥<br>5 mm/s  | 2<br>≥<br>5 mm/s  | 3<br>≥<br>2,9 mm/s | 4<br>≥<br>2,9 mm/s | 5<br>≥<br>1 mm/s  | 6<br>≥<br>1 mm/s   |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                       |                   |                   |                    |                    |                   |                    |
| Ligging in het<br>risicogebied<br>(>20% schade)                          | -0,022<br>(-4)*** | -0,024<br>(-4)*** | -0,022<br>(-4)***  | -0,024<br>(-4)***  | -0,017<br>(-2,0)* | -0,012<br>(-1,5)   |
| <i>Bevingen</i>                                                          |                   |                   |                    |                    |                   |                    |
| Dummy<br>≥ 1 beving of<br>meer                                           | -0,017<br>(-3)*** | 0,015<br>(2,2)**  | -0,007<br>(-1,3)   | 0,026<br>(4)***    | -0,010<br>(-1,2)  | 0,018<br>(2,1)**   |
| # bevingen vanaf<br>2 bevingen                                           |                   | -0,021<br>(-8)*** |                    | -0,012<br>(-8)***  |                   | -0,006<br>(-12)*** |
| Toegekend<br>budget voor<br>schadeherstel van<br>€ 1000 of meer          | 0,016<br>(3)***   | 0,02<br>(3)***    | 0,014<br>(2,2)**   | 0,022<br>(3)***    | 0,013<br>(2)**    | 0,037<br>(6)***    |
| Kwartaaldummy's                                                          | ja                | ja                | Ja                 | ja                 | ja                | ja                 |
| Huizenkenmerken                                                          | Ja                | Ja                | Ja                 | Ja                 | Ja                | Ja                 |
| N                                                                        | 11840             | 11840             | 11840              | 11840              | 11840             | 11840              |
| R                                                                        | 0,49              | 0,49              | 0,49               | 0,49               | 0,49              | 0,49               |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

## 4.6 Conclusie en mogelijke implicaties voor gebiedsafbakening

Dit hoofdstuk introduceerde een geactualiseerde voortplantingsformule van Bommer et al. (2017) voor de aardbevingen en onderzocht het effect van drie verschillende drempelwaarden (5,0 mm/s, 2,9 mm/s en 1,0 mm/s) voor het tellen of cumuleren van bevingen als variabele. Het gebruik van de geactualiseerde formule is te prefereren omdat deze formule is gebaseerd op meer en actuelere metingen van het KNMI, maar leidt niet tot modellen die econometrisch ook beter presteren: ze presteren gelijkwaardig.

De belangrijkste conclusie is dat het hanteren van een drempelwaarde voor het bepalen van de cumulatieve grondsnelheid als bevingsindicator theoretisch beter te verdedigen is dan het meetellen van ook de kleinste grondsnelheden, die een groot effect hebben op het gemiddelde. Ook empirisch leidt het hanteren van een drempelwaarde tot meer plausibele en beter uitlegbare modellen: het moeilijker uitlegbare positieve gebiedseffect slaat om in een negatief effect dat in grootte zeer nauw overeenkomt met de waarden in modellen met het *aantal* bevingen. Ook het effect van een toegekend schadebudget van € 1000 of meer krijgt een meer plausibele waarde.

De vraag welke drempelwaarde het meest adequaat is en of een model op basis van het aantal bevingen of de cumulatieve grondsnelheid is te prefereren, is op grond van de resultaten nog niet met stelligheid te beantwoorden. Als wordt uitgegaan van een grenswaarde waarbij schade aan monumentale en gevoelige structuren niet meer valt uit te sluiten, ligt een keuze voor 2,9 mm/s voor de hand. Het is theoretisch aansprekend om uit te gaan van de cumulatieve grondsnelheid vanaf die drempel, om rekenschap te geven van verschillen in het effect op een locatie van relatief lichte en zwaardere bevingen. Op grond van de empirische resultaten is die keuze echter niet verder te onderbouwen.

Wel blijkt dat de drempel van 1,0 mm/s minder robuuste en plausibele resultaten geeft. Deze drempelwaarde geeft in het eerste model een verhoudingsgewijs groot effect van toegekend schadebudget van € 1000 of meer. Het effect wordt geschat op 3,7% en zou daarmee beduidend groter zijn dan het budget van € 4000 waar bewoners via de Waardevermeerderingsregeling aanspraak op konden maken. Ook speelt

mee dat het bij de drempelwaarde van 1,0 mm/s nodig is de voortplantingsformule van Bommer et al. te extrapoleren buiten het toepassingsbereik waarvoor deze is afgeleid. Dit brengt mogelijk extra onzekerheden met zich mee.

Daarnaast leidt deze drempelwaarde tot een niet-significant gebiedseffect in het model met het aantal bevingen en een relatief klein gebiedseffect in het model met de cumulatieve PGV. Dit suggereert dat de bevingenvariabele bij deze lage drempelwaarde de rol van de gebiedsdummy overneemt en wellicht zou kunnen dienen als aanvullende restrictie voor de gebiedsafbakening.

In bijlage 6 is dit empirisch getoetst en de resultaten ondersteunen deze hypothese. Het weglaten van de transacties op locaties in het risicogebied waar nooit een beving met een grondsnelheid van 1,0 mm/s of hoger heeft plaatsgevonden (en weglating van de bijbehorende referentielocaties), leidt tot vrijwel identieke modeluitkomsten. Omgekeerd meet een model met alleen die weggelaten transacties geen waardedaling ten opzichte van de bijbehorende referentielocaties.

Er zijn dus aanwijzingen dat een verkleining van het gebied – op basis van het optreden van ten minste één beving met een grondsnelheid van 1 mm/s – een mogelijk alternatief is. Dit zou een verkleining van het gebied tot gevolg hebben met ongeveer 3% van de transacties. In kaart 4.1 is te zien dat dit vooral het gebied ten zuidoosten van Delfzijl betreft.

Het deel van het risicogebied dat geen bevingen heeft gehad met een grondsnelheid boven de drempelwaarden van 2,9 en 5,0 mm/s is groter (zie kaart 4.2 en 4.3). Tabel 4.5 laat zien dat er bij deze drempelwaarden naast de bevingenindicator een statistisch significant effect uitgaat van ligging in het risicogebied. Ook in de delen van het risicogebied *zonder* bevingen boven deze drempels is er dus een waardedaling. Een verdere inperking van het gebied op basis van een drempelwaarde van 2,9 mm/s of meer zou het gebied dus weer te klein maken.

In theorie zou de afbakening van het gebied op basis van een drempelwaarde van 1,0 mm/s *in plaats van* de afbakening op basis van schade ook een *uitbreiding* van het gebied tot gevolg kunnen hebben. Het gebied zou dan kunnen worden uitgebreid met andere locaties buiten het



huidige risicogebied met ten minste één beving met een grondsnelheid van meer dan 1,0 mm/s, maar minder dan 20% schade – zie ook kaart 1.1. Daarmee zouden in de praktijk onder andere een groter deel van de stad Groningen en mogelijk ook delen van Duitsland in het risicogebied gaan vallen. In *Vijf jaar na Huizinge* is echter al onderzocht of er in postcodegebieden met 10 tot 20% (en 0 tot 10%) toegekende schadegevallen aanwijzingen bestaan voor een waardedaling. Dat onderzoek wees eerder op het tegendeel (Atlas voor Gemeenten, 2017: tabel B4.1). Bovendien toonde dat onderzoek aan dat het effect van ligging in het gebied – los van de feitelijke bevingen – afneemt in de tijd. Dat blijkt in het volgende hoofdstuk ook weer op basis van de geactualiseerde transacties en formules en roept eerder de vraag op of het gebied mogelijk kleiner is geworden in de tijd. In elk geval zijn er empirisch dus geen aanleidingen het risicogebied uit te breiden.

Op grond van al deze overwegingen blijkt 1,0 mm/s minder geschikt als drempelwaarde voor de bevingsindicator. Het zou als *aanvullende* restrictie kunnen worden opgelegd voor het afbakenen van het risicogebied, maar dat maakt weinig verschil, terwijl het als *alternatieve* afbakening niet geschikt is. Daarom worden modelvarianten met een drempelwaarde van 1,0 mm/s in de rest van dit rapport niet als een basisvariant gebruikt. Voor de modellen met de belangrijkste bevindingen worden deze varianten wel als extra robuustheidsanalyse gepresenteerd in bijlage 7.

---

## 5 Variatie door de tijd

De modellen in het vorige hoofdstuk zijn geschat over de gehele periode vanaf ‘Huizinge’ tot en met het vierde kwartaal 2017. Daarbij is de veronderstelling dat zowel het effect van ligging in het risicogebied als het effect van de bevingsindicator constant is. De vraag is of deze aanname correct is. Het is denkbaar dat de omvang van deze effecten door de tijd varieert. Paragraaf 5.1 gaat hier nader op in.

Een tweede aanname is dat de tijd die is verstreken tussen een beving en het moment van verkoop geen invloed heeft op de woningprijs. In dit onderzoek zijn alle geïnduceerde bevingen die zijn opgenomen in de zogenoemde KNMI-catalogus meegenomen, wat betekent dat een beving die in de jaren negentig plaatsvond even zwaar meetelt als een beving in 2014. Het is echter aannemelijk dat het effect van een beving op de woningprijs kleiner wordt naarmate een beving verder in het verleden heeft plaatsgevonden. In paragraaf 5.2 wordt onderzocht of daar empirische aanwijzingen voor zijn.

---

### 5.1 Verandering van waardering van bevingsrisico's door de tijd

Het effect van ligging in het risicogebied en bevingen op de woningprijs kan door de tijd veranderen als de waardering van het bevingsrisico in de woningmarkt wijzigt. Daarvoor kunnen meerdere redenen zijn. De kennis in de markt kan in de tijd toenemen. Dat kan betrekking hebben op de exacte locaties die risico lopen. Zo is het denkbaar dat potentiële kopers direct na ‘Huizinge’ een groot deel van de provincie Groningen hebben gemedend en in de loop van de tijd vooral specifieke gebieden of gemeenten zijn gaan mijden. Ook kunnen publicaties van bijvoorbeeld het KNMI of het SodM leiden tot een verandering van het gepercipieerde risico. En tot slot kunnen beleidswijzigingen zoals compensatieregelingen en het verminderen van de omvang van de gasproductie leiden tot een andere waardering van het (toekomstige) risico.

Om empirisch te testen of de waardering van het bevingsrisico op de woningmarkt door de tijd verandert, is getoetst of de coëfficiënten voor ligging in het gebied en de bevingsindicatoren variëren door de tijd. Daarbij

zijn drie tijdvakken gekozen op basis van beleidswijzigingen die een andere waardering van het bevingrisico tot gevolg kunnen hebben. Er is onderscheid gemaakt in de periode voor en na februari 2014 (begin Waarderegeling) en na juli 2016 (nieuw Gasbesluit). Het is aannemelijk dat de aankondiging van de Waarderegeling tot een andere waardering kan hebben geleid omdat potentiële kopers hierdoor meer zekerheid hebben dat toekomstig waardeverlies wordt gecompenseerd. Het Gasbesluit in juli 2016 zorgde ervoor dat er minder gas wordt gewonnen in de toekomst. Omdat het verminderen van het bevingrisico de belangrijkste reden was voor dit besluit is het aannemelijk dat de (beleefde) omvang van de toekomstige risico's ook lager is geworden.

In tabel 5.1 tot en met 5.4 staat telkens één van de in hoofdstuk 4 beschreven en geselecteerde bevingindicatoren centraal. Elke tabel presenteert vijf modelvarianten. De eerste is het basismodel waarin geen onderscheid wordt gemaakt naar periode. Deze zijn identiek aan de verschillende modelvarianten in tabel 4.3 en 4.4 (op basis van de formule van Bommer et al. (2017)). In model 2 tot en met 4 wordt steeds onderzocht in hoeverre de coëfficiënten van de drie relevante variabelen van het basismodel variëren in de tijd. Model 5 is gelijk aan model 3, alleen worden hier de referentiewoningen gewogen met het aantal keer dat ze geselecteerd zijn als beste match voor verkochte woningen in het risicogebied.

De belangrijkste conclusie is dat – ongeacht de bevingindicator en de drempelwaarde voor de grondsnelheid – er sterke aanwijzingen zijn dat het prijseffect van aardbevingen en aardbevingrisico varieert in de tijd. Het effect van de variabele voor ligging in het gebied (het imago-effect) wordt kleiner door de tijd; in de meeste modellen is dat effect (gebaseerd op de puntschatting) in de derde periode twee keer zo klein als in de eerste periode. Tegelijkertijd laten de meeste modellen een lichte toename van het effect van de bevingindicator zien. Deze toename is duidelijker bij de modellen met cumulatieve grondsnelheid als bevingindicator (tabel 5.3 en 5.4) dan in de modellen met het cumulatief aantal bevingen (tabel 5.1 en 5.2).<sup>57</sup>

<sup>57</sup> In bijlage 5 zijn als robuustheidsanalyse de modellen met een drempelwaarde van 1 mm/s voor voor bevingen gepresenteerd. In veel varianten is de gebiedsdummy negatief maar niet significant afwijkend van nul en in sommige modellen zelfs positief (niet significant). Dat is in lijn met de bevindingen uit hoofdstuk 4, waar ook bleek dat het gebiedseffect bij deze drempelwaarde fors kleiner is dan in de andere modellen.

Deze resultaten impliceren dat het effect van ligging in het gebied en de bevingintensiteit variëren door de tijd. Dat betekent dat het negatieve prijseffect voor een woning op dezelfde locatie met dezelfde bevingsgeschiedenis in bijvoorbeeld 2013 anders was dan in 2017. Op het niveau van de gehele regio betekent dit dat door de tijd het verschil tussen locaties in het risicogebied met relatief veel en weinig bevingen toeneemt.

In de modellen met een weging van het aantal referentiewoningen (model 5) zijn de t-waarden van de bevingsvariabele en de variabele voor ligging in het risicogebied in de meeste gevallen iets hoger. Het verschil in het generieke regio-effect tussen de drie perioden nog sterker: in de eerste periode veelal drie keer zo groot als in de derde periode. In de modellen met het cumulatief aantal bevingen is er in deze variant geen opgaande trend meer in het effect van voelbare bevingen (tabel 5.1 en 5.2), maar wel in de modellen met cumulatieve grondsnelheid (tabel 5.3 en 5.4). In die modellen (met cumulatieve grondsnelheid) is de bevingindicator in de eerste periode niet significant. Dat zou er op kunnen wijzen dat in de eerste periode na ‘Huizinge’ er (vooral) een algemeen regionaal ‘stigma-effect’ was en dat na verloop van tijd de locatie en intensiteit van bevingen een steeds belangrijker onderdeel in de waardering van bevingrisico is geworden.

In model 4 in elke tabel is ook een splitsing in het effect van schade opgenomen. In periode 1 is de coëfficiënt voor deze variabele steeds relatief hoog. Tegelijkertijd is het aantal woningen dat in deze periode is verkocht met schadebudget relatief klein. Dit leidt ook tot relatief grote onzekerheidsmarges. De *range* waarbinnen deze coëfficiënt met 95% zekerheid valt, ligt bijvoorbeeld in model 4 in tabel 5.1 tussen de 1,4% en 12,5% – waarmee de ondergrens dus lager is dan de puntschattingen voor deze variabele in de andere twee modellen.

**Tabel 5.1 Resultaten uit de modelschattingen - onderscheid naar drie perioden – aantal bevingen vanaf 5mm/sec**

| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per<br>vierkante meter            | 1                   | 2                   | 3                   | 4                   | 5<br>(weging<br>refs) |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                               |                     |                     |                     |                     |                       |
| Ligging in het<br>risicogebied<br>(>20% schade)                                  | -0,022<br>(-3,9)*** |                     |                     |                     |                       |
| - periode 1; 'Huizinge'<br>t/m jan. 2014                                         |                     | -0,029<br>(-2,6)*** | -0,030<br>(-2,7)*** | -0,032<br>(-2,8)*** | -0,039<br>(-4,4)***   |
| - periode 2;<br>feb. 2014 t/m juni 2016                                          |                     | -0,021<br>(-2,9)*** | -0,021<br>(-2,9)*** | -0,020<br>(-2,7)*** | -0,021<br>(-3,4)***   |
| - periode 3;<br>vanaf juli 2016                                                  |                     | -0,018<br>(-2,1)**  | -0,017<br>(-2,0)**  | -0,016<br>(-1,8)*   | -0,014<br>(-1,9)*     |
| Aantal bevingen vanaf<br>5mm/sec                                                 | -0,015<br>(-6,4)*** | -0,015<br>(-6,4)*** |                     |                     |                       |
| - periode 1                                                                      |                     |                     | -0,012<br>(-2,1)**  | -0,015<br>(-2,5)*** | -0,022<br>(-4,2)***   |
| - periode 2                                                                      |                     |                     | -0,015<br>(-4,3)*** | -0,015<br>(-4,1)*** | -0,017<br>(-5)***     |
| - periode 3                                                                      |                     |                     | -0,017<br>(-4,6)*** | -0,017<br>(-4,5)*** | -0,020<br>(-5,9)***   |
| Toegekend budget<br>voor schadeherstel van<br>€ 1000 of meer<br>(dummyvariabele) | 0,022<br>(3,5)***   | 0,021<br>(3,3)***   | 0,021<br>(3,3)***   |                     | 0,015<br>(2,3)**      |
| - periode 1                                                                      |                     |                     |                     | 0,070<br>(2,4)***   |                       |
| - periode 2                                                                      |                     |                     |                     | 0,018<br>(2,1)**    |                       |
| - periode 3                                                                      |                     |                     |                     | 0,020<br>(2,1)**    |                       |
| Kwartaaldummy's                                                                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                    |
| Huizenkenmerken                                                                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                    |
| N                                                                                | 11840               | 11840               | 11840               | 11840               | 16166                 |
| R                                                                                | 0,49                | 0,49                | 0,49                | 0,49                | 0,49                  |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

| Tabel 5.2 Resultaten uit de modelschattingen - onderscheid naar drie perioden – aantal bevingen vanaf 2,9 mm/sec |                     |                     |                     |                     |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per vierkante meter                                               | 1                   | 2                   | 3                   | 4                   | 5<br>(weging refs)  |
| <i>Effect van:</i>                                                                                               |                     |                     |                     |                     |                     |
| Ligging in het risicogebied (>20% schade)                                                                        | -0,019<br>(-3,4)*** |                     |                     |                     |                     |
| - periode 1; 'Huizinge' t/m jan. 2014                                                                            |                     | -0,027<br>(-2,4)**  | -0,028<br>(-2,5)**  | -0,029<br>(-2,6)**  | -0,036<br>(-3,9)*** |
| - periode 2; feb. 2014 t/m juni 2016                                                                             |                     | -0,018<br>(-2,5)**  | -0,017<br>(-2,4)**  | -0,017<br>(-2,2)**  | -0,017<br>(-2,6)*** |
| - periode 3; vanaf juli 2016                                                                                     |                     | -0,015<br>(-1,8)*   | -0,015<br>(-1,7)*   | -0,014<br>(-1,5)    | -0,011<br>(-1,4)    |
| Aantal bevingen vanaf 2,9 mm/sec                                                                                 | -0,009<br>(-6,9)*** | -0,009<br>(-6,9)*** |                     |                     |                     |
| - periode 1                                                                                                      |                     |                     | -0,007<br>(-2,1)**  | -0,008<br>(-2,5)**  | -0,012<br>(-4,2)*** |
| - periode 2                                                                                                      |                     |                     | -0,009<br>(-4,9)*** | -0,009<br>(-4,8)*** | -0,010<br>(-5,8)*** |
| - periode 3                                                                                                      |                     |                     | -0,009<br>(-4,7)*** | -0,009<br>(-4,6)*** | -0,011<br>(-6,3)*** |
| Toegekend budget voor schadeherstel van € 1000 of meer (dummyvariabele)                                          | 0,024<br>(3,8)***   | 0,023<br>(3,6)***   | 0,023<br>(3,6)***   |                     | 0,018<br>(2,8)***   |
| - periode 1                                                                                                      |                     |                     |                     | 0,070<br>(2,4)**    |                     |
| - periode 2                                                                                                      |                     |                     |                     | 0,021<br>(2,4)**    |                     |
| - periode 3                                                                                                      |                     |                     |                     | 0,021<br>(2,2)**    |                     |
| Kwartaaldummy's                                                                                                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                  |
| Huizenkenmerken                                                                                                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                  |
| N                                                                                                                | 11840               | 11840               | 11840               | 11840               | 16166               |
| R                                                                                                                | 0,49                | 0,49                | 0,49                | 0,49                | 0,49                |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel 5.3 Resultaten uit de modelschattingen - onderscheid naar drie perioden – cumulatieve grondsnelheid vanaf 5,0 mm/sec**

| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per<br>vierkante meter            | 1                   | 2                   | 3                   | 4                   | 5<br>(weging<br>refs) |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                               |                     |                     |                     |                     |                       |
| Ligging in het<br>risicogebied<br>(>20% schade)                                  | -0,022<br>(-4,0)*** |                     |                     |                     |                       |
| - periode 1 'Huizinge'<br>t/m jan. 2014                                          |                     | -0,029<br>(-2,6)*** | -0,032<br>(-2,8)*** | -0,033<br>(-2,9)*** | -0,043<br>(-4,7)***   |
| - periode 2;<br>feb. 2014 t/m juni 2016                                          |                     | -0,022<br>(-3,0)*** | -0,021<br>(-3,0)*** | -0,021<br>(-2,8)*** | -0,021<br>(-3,4)***   |
| - periode 3;<br>vanaf juli 2016                                                  |                     | -0,018<br>(-2,0)*   | -0,017<br>(-1,9)*   | -0,016<br>(-1,7)*   | -0,014<br>(-1,9)*     |
| Cumulatieve grond-<br>snelheid (in risico-<br>gebied) vanaf 5,0<br>mm/sec        | -0,012<br>(-4,5)*** | -0,012<br>(-4,5)*** |                     |                     |                       |
| - periode 1                                                                      |                     |                     | -0,004<br>(-0,7)    | -0,007<br>(-1,0)    | -0,007<br>(-1,1)      |
| - periode 2                                                                      |                     |                     | -0,012<br>(-3,2)*** | -0,012<br>(-3,0)*** | -0,014<br>(-3,7)***   |
| - periode 3                                                                      |                     |                     | -0,014<br>(-3,6)*** | -0,014<br>(-3,6)*** | -0,015<br>(-3,8)***   |
| Toegekend budget<br>voor schadeherstel van<br>€ 1000 of meer<br>(dummyvariabele) | 0,019<br>(3,0)***   | 0,018<br>(2,8)***   | 0,018<br>(2,8)***   |                     | 0,010<br>(1,6)*       |
| - periode 1                                                                      |                     |                     |                     | 0,056<br>(2,0)**    |                       |
| - periode 2                                                                      |                     |                     |                     | 0,015<br>(1,8)*     |                       |
| - periode 3                                                                      |                     |                     |                     | 0,017<br>(1,8)*     |                       |
| Kwartaaldummy's                                                                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                    |
| Huizenkenmerken                                                                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                    |
| N                                                                                | 11840               | 11840               | 11840               | 11840               | 16166                 |
| R                                                                                | 0,49                | 0,49                | 0,49                | 0,49                | 0,49                  |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel 5.4 Resultaten uit de modelschattingen – onderscheid naar drie perioden – cumulatieve grondsnelheid vanaf 2,9 mm/sec**

| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per<br>vierkante meter            | 1                   | 2                   | 3                   | 4                   | 5<br>(weging<br>refs) |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                               |                     |                     |                     |                     |                       |
| Ligging in het<br>risicogebied<br>(>20% schade)                                  | -0,020<br>(-3,6)*** |                     |                     |                     |                       |
| - periode 1 'Huizinge'<br>t/m jan. 2014                                          |                     | -0,027<br>(-2,4)**  | -0,031<br>(-2,7)*** | -0,032<br>(-2,7)*** | -0,042<br>(-4,5)***   |
| - periode 2;<br>feb. 2014 t/m juni 2016                                          |                     | -0,020<br>(-2,7)*** | -0,019<br>(-2,6)*** | -0,018<br>(-2,4)**  | -0,018<br>(-2,9)***   |
| - periode 3;<br>vanaf juli 2016                                                  |                     | -0,016<br>(-1,8)*   | -0,015<br>(-1,7)*   | -0,014<br>(-1,5)    | -0,013<br>(-1,7)*     |
| Cumulatieve grond-<br>snelheid (in risico-<br>gebied) vanaf 2,9<br>mm/sec        | -0,010<br>(-5,1)*** | -0,010<br>(-5,0)*** |                     |                     |                       |
| - periode 1                                                                      |                     |                     | -0,004<br>(-0,8)    | -0,006<br>(-1,1)    | -0,006<br>(-1,2)      |
| - periode 2                                                                      |                     |                     | -0,011<br>(-3,8)*** | -0,011<br>(-3,7)*** | -0,013<br>(-4,4)***   |
| - periode 3                                                                      |                     |                     | -0,011<br>(-3,8)*** | -0,011<br>(-3,7)*** | -0,012<br>(-4,0)***   |
| Toegekend budget<br>voor schadeherstel van<br>€ 1000 of meer<br>(dummyvariabele) | 0,021<br>(3,3)***   | 0,020<br>(3,1)***   | 0,020<br>(3,2)***   |                     | 0,013<br>(2,0)***     |
| - periode 1                                                                      |                     |                     |                     | 0,058<br>(2,0)*     |                       |
| - periode 2                                                                      |                     |                     |                     | 0,019<br>(2,1)*     |                       |
| - periode 3                                                                      |                     |                     |                     | 0,018<br>(1,9)*     |                       |
| Kwartaaldummy's                                                                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                    |
| Huizenkenmerken                                                                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                  | ja                    |
| N                                                                                | 11840               | 11840               | 11840               | 11840               | 16166                 |
| R                                                                                | 0,49                | 0,49                | 0,49                | 0,49                | 0,49                  |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.



### Gevoeligheidsanalyse

Als gevoeligheidsanalyse zijn modellen geschat waarbij afzonderlijke jaren als aparte periodes zijn beschouwd. Er zijn geen inhoudelijke redenen om te veronderstellen dat het begin en eind van elk jaar precies samenvalt met een wijziging van de waardering van het bevingrisico. Maar het afnemende gebiedseffect en het (licht) toenemende effect van bevingindicatoren die in de vorige paragraaf werden gevonden, zouden dan ook in deze modellen zichtbaar moeten zijn. Tabel 5.5 geeft de resultaten met het cumulatief aantal bevingen als indicator; tabel 5.6 geeft de resultaten met de cumulatieve grondsnelheid.

Alle modellen geven een afnemend gebiedseffect en een (licht) toenemend effect van de bevingindicatoren dat sterker is bij de cumulatieve grondsnelheid dan bij het aantal bevingen. Dat is in lijn met de resultaten in de tabellen 5.1 tot en met 5.4.

Een opvallend resultaat uit de schattingen met afzonderlijke jaren zijn de coëfficiënten voor de gebiedsdummy's in 2013: in de basisvarianten (model 1 en 3) is deze coëfficiënt beduidend minder negatief dan in 2012 en de jaren erna. De t-waarden van de coëfficiënten voor 2013 zijn laag en daarmee is de onzekerheidsmarge relatief groot; 2013 is daarmee een opvallende *outlier*. Dit effect verdwijnt wanneer de modellen worden geschat in de variant waarbij de referentiewoningen worden gewogen. Daarmee is het aannemelijk dat dit effect voor 2013 vooral het gevolg is van het feit dat er meer woningen in het risicogebied dan referentiewoningen zijn in de ongewogen variant. Dit leidt bij het splitsen in kleinere deelperiodes tot een groter risico op misspecificaties (zie ook hoofdstuk 3).

**Tabel 5.5 Resultaten uit de modelschattingen – onderscheid naar jaren; aantal bevingen**

| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per<br>vierkante meter            | 1<br>Grens<br>5mm/sec | 2<br>Grens<br>5mm/sec<br>(weging<br>refs) | 3<br>Grens<br>2,9mm/sec | 4<br>Grens<br>2,9mm/sec<br>(weging<br>refs) |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                               |                       |                                           |                         |                                             |
| Ligging in het risicogebied (>20% schade)                                        |                       |                                           |                         |                                             |
| - 'Huizinge' – dec 2012                                                          | -0,042<br>(-2,0)*     | -0,061<br>(-3,9)***                       | -0,043<br>(-2,0)**      | -0,059<br>(-3,7)***                         |
| -2013                                                                            | -0,008<br>(-0,5)      | -0,019<br>(-1,7)*                         | -0,004<br>(-0,3)        | -0,014<br>(-1,2)                            |
| -2014                                                                            | -0,029<br>(-2,5)**    | -0,017<br>(-1,8)*                         | -0,027<br>(-2,3)**      | -0,014<br>(-1,5)                            |
| -2015                                                                            | -0,025<br>(-2,2)**    | -0,025<br>(-2,7)***                       | -0,023<br>(-2,0)**      | -0,023<br>(-2,4)**                          |
| -2016                                                                            | -0,026<br>(-2,4)**    | -0,022<br>(-2,5)**                        | -0,020<br>(-1,9)*       | -0,016<br>(-1,8)*                           |
| -2017                                                                            | -0,011<br>(-1,1)      | -0,017<br>(-1,9)*                         | -0,010<br>(-0,9)        | -0,013<br>(-1,5)                            |
| Aantal bevingen                                                                  |                       |                                           |                         |                                             |
| - 'Huizinge' – dec 2012                                                          | -0,007<br>(-0,7)      | -0,019<br>(-2,2)**                        | -0,001<br>(-0,2)        | -0,008<br>(-2,0)**                          |
| -2013                                                                            | -0,012<br>(-1,8)*     | -0,023<br>(-3,3)***                       | -0,008<br>(-2,0)**      | -0,014<br>(-3,4)***                         |
| -2014                                                                            | -0,015<br>(-2,3)**    | -0,019<br>(-2,9)***                       | -0,008<br>(-2,3)**      | -0,010<br>(-2,9)***                         |
| -2015                                                                            | -0,014<br>(-2,3)**    | -0,014<br>(-2,5)**                        | -0,007<br>(-2,4)**      | -0,008<br>(-2,8)***                         |
| -2016                                                                            | -0,017<br>(-4,5)***   | -0,018<br>(-5)***                         | -0,011<br>(-5,3)***     | -0,012<br>(-6,0)***                         |
| -2017                                                                            | -0,017<br>(-3,7)***   | -0,023<br>(-5)***                         | -0,009<br>(-3,8)***     | -0,012<br>(-5,3)***                         |
| Toegekend budget<br>voor schadeherstel van<br>€ 1000 of meer<br>(dummyvariabele) | 0,022<br>(3,4)***     | 0,017<br>(2,6)***                         | 0,024<br>(3,7)***       | 0,020<br>(3,0)***                           |
| Kwartaaldummy's                                                                  | ja                    | ja                                        | ja                      | ja                                          |
| Huizenkenmerken                                                                  | ja                    | ja                                        | ja                      | ja                                          |
| N                                                                                | 11840                 | 16166                                     | 11840                   | 11840                                       |
| R                                                                                | 0,49                  | 0,49                                      | 0,49                    | 0,49                                        |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel 5.6 Resultaten uit de modelschattingen - onderscheid naar jaren; cumulatieve grondsnelheid**

| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per<br>vierkante meter            | 1<br>Grens 5<br>mm/sec | 2<br>Grens 5<br>mm/sec<br>(weging<br>refs) | 3<br>Grens<br>2,9 mm/sec | 4<br>Grens<br>2,9 mm/sec<br>(weging<br>refs) |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                               |                        |                                            |                          |                                              |
| Ligging in het risicogebied (>20% schade)                                        |                        |                                            |                          |                                              |
| - 'Huizinge' – dec 2012                                                          | -0,043<br>(-2,0)*      | -0,064<br>(-3,9)***                        | -0,045<br>(-2,1)**       | -0,064<br>(-3,9)***                          |
| -2013                                                                            | -0,010<br>(-0,7)       | -0,023<br>(-2,0)***                        | -0,008<br>(-0,5)         | -0,022<br>(-1,8)*                            |
| -2014                                                                            | -0,030<br>(-2,5)**     | -0,019<br>(-2,0)**                         | -0,029<br>(-2,4)**       | -0,017<br>(-1,7)*                            |
| -2015                                                                            | -0,026<br>(-2,2)**     | -0,025<br>(-2,6)***                        | -0,024<br>(-2,1)**       | -0,023<br>(-2,4)**                           |
| -2016                                                                            | -0,025<br>(-2,4)**     | -0,021<br>(-2,4)***                        | -0,021<br>(-2,0)*        | -0,017<br>(-1,9)*                            |
| -2017                                                                            | -0,011<br>(-1,0)       | -0,017<br>(-2,0)**                         | -0,010<br>(-0,9)         | -0,016<br>(-1,8)*                            |
| Cumulatieve grondsnelheid (in risicogebied)                                      |                        |                                            |                          |                                              |
| - 'Huizinge' – dec 2012                                                          | 0,0002<br>(0,0)        | -0,004<br>(-0,4)                           | 0,002<br>(0,3)           | -0,002<br>(-0,2)                             |
| -2013                                                                            | -0,005<br>(-0,6)       | -0,007<br>(-0,9)                           | -0,005<br>(-0,8)         | -0,007<br>(-1,1)                             |
| -2014                                                                            | -0,010<br>(-1,3)       | -0,012<br>(-1,6)*                          | -0,008<br>(-1,5)         | -0,010<br>(-1,7)*                            |
| -2015                                                                            | -0,010<br>(-1,6)*      | -0,013<br>(-2,0)**                         | -0,008<br>(-1,7)*        | -0,010<br>(-2,2)**                           |
| -2016                                                                            | -0,015<br>(-3,6)***    | -0,016<br>(-3,8)***                        | -0,015<br>(-4,5)***      | -0,016<br>(-4,8)***                          |
| -2017                                                                            | -0,015<br>(-3,1)***    | -0,016<br>(-3,3)***                        | -0,011<br>(-3,1)***      | -0,012<br>(-3,2)***                          |
| Toegekend budget<br>voor schadeherstel van<br>€ 1000 of meer<br>(dummyvariabele) | 0,019<br>(2,9)***      | 0,012<br>(1,8)*                            | 0,021<br>(3,2)***        | 0,014<br>(2,2)**                             |
| Kwartaaldummy's                                                                  | ja                     | ja                                         | ja                       | ja                                           |
| Huizenkenmerken                                                                  | ja                     | ja                                         | ja                       | ja                                           |
| N                                                                                | 11840                  | 16166                                      | 11840                    | 16166                                        |
| R                                                                                | 0,49                   | 0,49                                       | 0,49                     | 0,49                                         |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

---

## 5.2 Variatie naar periode waarin bevingen plaatsvonden

De modellen in de vorige paragraaf suggereren dat het effect van aardbevingen en van ligging in het risicogebied in de jaren na de Huizinge-beving is veranderd: het gebiedseffect is steeds kleiner geworden, en het effect per beving (in de meeste modellen) steeds groter. Variatie van effecten door de tijd kan ook ontstaan als de tijd die is verstreken tussen een beving en het moment van verkoop bepalend is voor het effect van die beving. Op voorhand is het aannemelijk dat het effect van een beving op de woningprijs kleiner wordt naarmate een beving verder in het verleden heeft plaatsgevonden.

Een eerste hypothese die is onderzocht, is dat alleen bevingen vanaf 'Huizinge' een negatief effect hebben en die ervoor niet. De beving bij Huizinge zou als een kantelpunt kunnen gelden voor de markt. Bevingen vanaf dat moment geven aan waar in de regio de kans op (toekomstige) bevingen het grootst is en die locaties worden door potentiële kopers als minder aantrekkelijk ervaren.

In tabel 5.7 staan de resultaten van modelschattingen waarin het cumulatief aantal bevingen tot moment van verkoop is gesplitst in bevingen in de periode tot 'Huizinge' en bevingen in de periode vanaf 'Huizinge' (en inclusief 'Huizinge'). Uit de tabel blijkt dat het cumulatief aantal bevingen zowel voor als na Huizinge een significant negatief effect heeft op de woningprijs. Op basis van deze resultaten zijn er dan ook geen aanwijzingen dat bevingen voor 'Huizinge' geen effect hebben op de woningprijs.

In tabel 5.8 staan de resultaten van de modelschattingen met een splitsing van de cumulatieve grondsnelheid in een periode voor en na 'Huizinge'. In die modellen heeft de cumulatieve grondsnelheid vóór 'Huizinge' geen aanvullende verklaringskracht boven de cumulatieve grondsnelheid van de Huizinge-beving en daarna. Dit vormt dus een voorzichtige aanwijzing dat het effect van die oude bevingen uitgedoofd is, maar dat wordt niet gesteund door niet de resultaten in tabel 5.7.<sup>58</sup>

---

<sup>58</sup> Deze resultaten lijken niet het gevolg te zijn van een (te) sterke correlatie tussen de cumulatieve grondsnelheid voor en na 'Huizinge'; die bedraagt voor de variant met een ondergrens van 5 mm/s 0,61 en voor de variant met een ondergrens van 2,9 mm/s 0,73. Dat is niet zo hoog dat er sprake is van multicollineariteit.

**Tabel 5.7 Resultaten uit de modelschattingen: aantal bevingen voor en na 'Huizinge'**

| Afhankelijke<br>variabele: (log)<br>huizenprijzen per<br>vierkante meter         | 1<br>Bevingen<br>vanaf 5<br>mm/sec | 2<br>Bevingen<br>vanaf 5<br>mm/sec | 3<br>Bevingen<br>vanaf 2,9<br>mm/sec | 4<br>Bevingen<br>vanaf 2,9<br>mm/sec |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Ligging in het<br>risicogebied<br>(>20% schade)                                  | -0,020<br>(-3,7)***                | -0,021<br>(-3,9) ***               | -0,019<br>(-3,3) ***                 | -0,022<br>(-3,8) ***                 |
| Aantal bevingen<br>- periode na Huizinge<br>(Q3 2012-Q4 2017<br>2012)            | -0,026<br>(-5,5)***                | -0,018<br>(-3,4)***                | -0,012<br>(-4,2)***                  | -2,47E-05<br>(-0,01)                 |
| - periode voor<br>Huizinge (tm Q2 2012)                                          |                                    | -0,014<br>(-3,6) ***               |                                      | -0,013<br>(-6,1)***                  |
| Toegekend budget<br>voor schadeherstel<br>van € 1000 of meer<br>(dummyvariabele) | 0,021<br>(3,4)***                  | 0,022<br>(3,6)***                  | 0,020<br>(3,1)***                    | 0,022<br>(3,5)***                    |
| Kwartaaldummy's                                                                  | Ja                                 | Ja                                 | Ja                                   | Ja                                   |
| Huizenkenmerken                                                                  | Ja                                 | Ja                                 | Ja                                   | Ja                                   |
| N                                                                                | 11840                              | 11840                              | 11840                                | 11840                                |
| R                                                                                | 0,49                               | 0,49                               | 0,49                                 | 0,49                                 |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel 5.8 Resultaten uit de modelschattingen: cumulatieve grondsnelheid voor en na 'Huizinge'**

| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per<br>vierkante meter              | 1<br>vanaf 5<br>mm/sec | 2<br>vanaf 5<br>mm/sec | 3<br>vanaf 2,9<br>mm/sec | 4<br>vanaf 2,9<br>mm/sec |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Ligging in het<br>risicogebied<br>(>20% schade)                                    | -0,021<br>(-3,8)***    | -0,021<br>(-3,8)***    | -0,019<br>(-3,4)***      | -0,019<br>(-3,4)***      |
| Cumulatieve<br>grondsnelheid<br>- periode na Huizinge<br>(Q3 2012-Q4 2017 2012)    | -0,028<br>(-5,3)***    | -0,028<br>(-4,4)***    | -0,024<br>(-5,2)***      | -0,019<br>(-2,9)***      |
| - periode voor Huizinge<br>(tm Q2 2012)                                            |                        | -1,62E-04<br>(-0,03)   |                          | -0,004<br>(-1,0)         |
| Toegekend budget voor<br>schadeherstel van € 1000<br>of meer (dummy-<br>variabele) | 0,020<br>(3,3)***      | 0,020<br>(3,3)***      | 0,022<br>(3,4)***        | 0,022<br>(3,4)***        |
| Kwartaaldummy's                                                                    | Ja                     | Ja                     | Ja                       | Ja                       |
| Huizenkenmerken                                                                    | Ja                     | Ja                     | Ja                       | Ja                       |
| N                                                                                  | 11840                  | 11840                  | 11840                    | 11840                    |
| R                                                                                  | 0,49                   | 0,49                   | 0,49                     | 0,49                     |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

## Verdiscontering

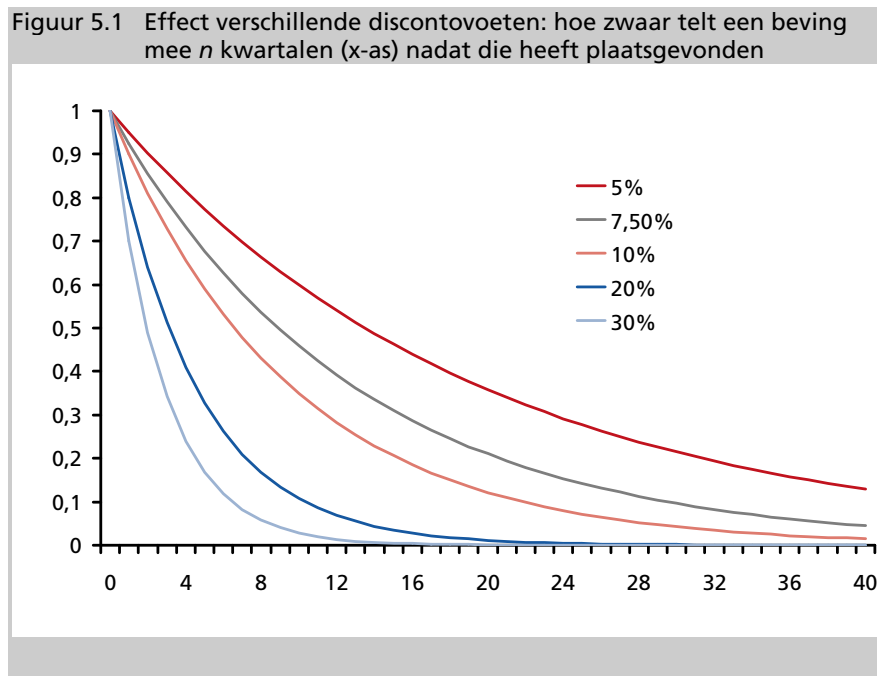
Een tweede hypothese die is onderzocht is dat de beving bij Huizinge geen kantelpunt was, maar dat voor elke beving geldt dat het effect ervan kleiner wordt naarmate deze verder in het verleden heeft plaatsgevonden. Een beving die jaren geleden plaatsvond, zou dan op een gegeven moment geen of nauwelijks effect meer hebben. En op locaties waar ooit één beving plaatsvond en daarna nooit meer, zou er op een gegeven geen effect meer zijn. Om dit te toetsen is een set modellen geschat waarin bevingen in de tijd zijn verdisconteerd, afhankelijk van het aantal kwartalen tussen het moment van de beving en de relevante transactie op de woningmarkt; hoe langer geleden, hoe minder sterk de beving wordt meegeteld.

Als voorbeeld kan worden uitgegaan van een discontovoet van 5% per kwartaal. Als een beving in het kwartaal van verkoop plaatsvindt, heeft deze een waarde van 1. Maar als de beving twee jaar (acht kwartalen) eerder heeft

plaatsgevonden, telt deze nog maar 0,66 keer mee.<sup>59</sup> Als wordt uitgegaan van een discontovoet van 10% dan zou dat 0,44 zijn. In formulevorm wordt de bevingsgeschiedenis op locatie  $i$  en tijdstip  $T$  bij een ‘discontovoet’  $r$  per kwartaal als volgt gedefinieerd:

$$Bevingshistorie_{i,T} = \sum_{j,t < T} Beving_j \times (1-r)^{T-t}$$

Figuur 5.1 laat zien hoe sterk een beving meetelt na één, twee tot en met tien jaar onder verschillende discontovoeten  $r$ . De waarde van  $r$  is nul in de varianten die tot nu toe in het rapport zijn geschat.



Tabel 5.9 en 5.10 geven de resultaten van de modelschattingen. Beide tabellen gaan uit van een drempelwaarde van 2,9 mm/s, waarbij in de modellen van tabel 5.9 het aantal bevingen boven die grondsnelheid is verdisconteerd, en in tabel 5.10 de cumulatieve grondsnelheid. Model 1 is in beide tabellen de variant zonder verdiscontering ( $r = 0$ ). In de modellen 2 tot en 6 is een steeds verder oplopende discontovoet gehanteerd. De

<sup>59</sup> Namelijk  $0,95^8$ .

schattingresultaten in beide tabellen geven geen duidelijk antwoord op de vraag of een discontovoet en welke discontovoet te prefereren is. Alle modellen hebben dezelfde verklaringskracht. Naarmate de discontovoet toeneemt, neemt ook de onzekerheidsmarge van de geschatte coëfficiënt toe en de t-waarde af. De coëfficiënt wordt groter, wat samenhangt met feit dat het gemiddeld aantal bevingen en de gemiddelde cumulatieve grondsnelheid daalt door de verdiscontering. Ook impliceert een hogere discontovoet een verschuiving van de effecten tussen locaties in de regio en door de tijd; woningen die recent een groter aantal bevingen hebben ervaren, zullen op basis van deze modellen een groter negatief effect kennen dan woningen waar deze bevingen verder in het verleden hebben plaatsgevonden.

Alles overziend lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat geen discontering of discontering van bevingen uit het verleden met 10% per kwartaal congruent is met de data. Dat zijn de modellen waar de onzekerheidsmarges bij de bevingegerelateerde indicatoren het kleinst zijn. Omdat er geen eenduidig antwoord is op de vraag of discontering leidt tot een betere schatting van het effect van bevingen op de woningprijs, geven de resultaten onvoldoende aanleiding om het uitgangspunt van geen discontering te verlaten.



**Tabel 5.9 Resultaten uit modelschatting met verdiscontering van aantal bevingen (ondergrens van 2,9 mm/sec) door de tijd**

| Afhankelijke<br>variabele: (log)<br>huizenprijzen per<br>vierkante meter         | basis-<br>model<br>r = 0% | r = 5%            | r =<br>7,5%       | r = 10%           | r = 20%           | r = 30%           |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                               |                           |                   |                   |                   |                   |                   |
| Ligging in het<br>risicogebied<br>(>20% schade)                                  | -0,019<br>(-3)***         | -0,018<br>(-3)*** | -0,019<br>(-3)*** | -0,020<br>(-4)*** | -0,022<br>(-4)*** | -0,023<br>(-4)*** |
| Verdisconteerd<br>aantal bevingen >=<br>2,9 mm/s                                 | -0,009<br>(-7)***         | -0,016<br>(-5)*** | -0,018<br>(-4)*** | -0,019<br>(-4)*** | -0,020<br>(-2)**  | -0,020<br>(-2)**  |
| Toegekend budget<br>voor schadeherstel<br>van € 1000 of meer<br>(dummyvariabele) | 0,024<br>(4)***           | 0,020<br>(3)***   | 0,018<br>(3)***   | 0,017<br>(3)***   | 0,014<br>(2)**    | 0,013<br>(2)*     |
| Kwartaaldummy's                                                                  | ja                        | ja                | ja                | ja                | ja                | ja                |
| Huizenkenmerken                                                                  | ja                        | ja                | ja                | ja                | ja                | ja                |
| N                                                                                | 11840                     | 11840             | 11840             | 11840             | 11840             | 11840             |
| R                                                                                | 0,49                      | 0,49              | 0,49              | 0,49              | 0,49              | 0,49              |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel 5.10 Resultaten uit modelschatting met verdiscontering van cumulatieve grondsnelheid (ondergrens 2,9 mm/sec) door de tijd**

| Afhankelijke<br>variabele: (log)<br>huizenprijzen per<br>vierkante meter         | basis-<br>model<br>r = 0% | r = 5%            | r =<br>7,5%       | r = 10%           | r = 20%           | r = 30%           |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                               |                           |                   |                   |                   |                   |                   |
| Ligging in het<br>risicogebied<br>(>20% schade)                                  | -0,020<br>(-4)***         | -0,019<br>(-4)*** | -0,02<br>(-4)***  | -0,02<br>(-4)***  | -0,022<br>(-4)*** | -0,023<br>(-4)*** |
| Cumulatieve<br>grondsnelheid<br>(2,9 mm/sec)                                     | -0,010<br>(-5)***         | -0,026<br>(-5)*** | -0,032<br>(-4)*** | -0,035<br>(-4)*** | -0,038<br>(-3)*** | -0,039<br>(-2)**  |
| Toegekend budget<br>voor schadeherstel<br>van € 1000 of meer<br>(dummyvariabele) | 0,021<br>(3)***           | 0,020<br>(3)***   | 0,019<br>(3)***   | 0,017<br>(3)***   | 0,014<br>(2)**    | 0,013<br>(2)**    |
| Kwartaaldummy's                                                                  | ja                        | ja                | ja                | ja                | ja                | ja                |
| Huizenkenmerken                                                                  | ja                        | ja                | ja                | ja                | ja                | ja                |
| N                                                                                | 11840                     | 11840             | 11840             | 11840             | 11840             | 11840             |
| R                                                                                | 0,49                      | 0,49              | 0,49              | 0,49              | 0,49              | 0,49              |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

---

## **6 Variatie naar type woning en schade in directe omgeving**

In alle modellen die tot nu toe zijn gepresenteerd zijn huizenkenmerken als controlevariabele opgenomen. Dat is gedaan om rekening te houden met mogelijke verschillen tussen woningen in het risicogebied onderling en tussen woningen in het risicogebied en de referentiewoningen. Daarmee wordt de kans zo klein mogelijk gehouden dat het gevonden effect voor bevingen en ligging in het risicogebied wordt beïnvloed door verschillen in woningkenmerken. Het is echter denkbaar dat het effect van bevingen op de transactieprijzen groter of kleiner is bij bepaalde typen woningen. In paragraaf 6.1 wordt empirisch getest of dat het geval is. Ook zou het zo kunnen zijn dat schade in de omgeving van een woning leidt tot een additioneel negatief effect. Daar gaat paragraaf 6.2 verder op in.

---

### **6.1 Variatie naar type woning**

Er zijn verschillende redenen waarom het effect van bevingen zou kunnen variëren tussen typen woningen. Bevingen kunnen leiden tot fysieke schade aan woningen. Daarbij kunnen bijvoorbeeld oudere woningen eerder schade oplopen dan woningen die recent zijn gebouwd. Hoewel deze fysieke schade wordt hersteld of gecompenseerd, is het denkbaar dat kopers minder snel geneigd zijn om een oudere woning te kopen omdat ze de overlast van schade en schadeherstel liever vermijden.

Een tweede mogelijke reden is het bestaan van verschillende typen kopers (naar type woning) met een andere perceptie van het (toekomstige) risico op bevingen. Het kan bijvoorbeeld zo zijn dat potentiële kopers van buiten de regio vooral geïnteresseerd zijn in grote vrijstaande woningen en potentiële kopers binnen het gebied vooral geïnteresseerd zijn in tussenwoningen en tweekappers. Als kopers van buiten de regio een negatievere perceptie van het toekomstige risico hebben dan kopers uit het gebied zelf, dan is het effect van bevingen sterker bij vrijstaande woningen dan bij andere woningen. Een derde mogelijkheid is dat de bevingsproblematiek ervoor heeft gezorgd dat bijvoorbeeld ouderen eerder van een wat kwetsbaarder pand naar een recent gebouwd appartement verhuizen.

Om empirisch te testen of de waardering van het bevingrisico in de woningmarkt verschilt tussen typen woningen, is getoetst of de coëfficiënten voor ligging in het gebied, de bevingindicatoren en schade variëren naar type woning. Daarbij is op drie manieren een onderscheid gemaakt naar kenmerken van een woning.

In de eerste plaats is onderscheid gemaakt tussen vrijstaande en niet-vrijstaande woningen. De hypothese is dat de prijs van vrijstaande woningen (ongeveer 37% van alle transacties in het risicogebied) gevoeliger is voor (toekomstig) bevingrisico dan niet-vrijstaande woningen omdat vrijstaande woningen over het algemeen tot de hogere segmenten van de woningmarkt behoren.

In de tweede plaats is onderscheid gemaakt naar 'luxe' woningen en 'gewone' woningen. Onder luxe woningen worden alle huizen verstaan die in de NVM-database vallen onder: villa, landhuis, woonboerderij, grachtenpand of herenhuis (gezaamenlijk ongeveer 17% van alle transacties in het risicogebied). Ook hier is de hypothese dat de prijs van luxe woningen gevoeliger is voor (toekomstig) bevingrisico. Het voordeel van het onderscheid tussen luxe en niet-luxe woningen is dat het naar verwachting een duidelijk onderscheid maakt tussen het hogere segment en de rest van de woningmarkt. 'Vrijstaand' doet dat niet altijd, zeker niet in het risicogebied. Een nadeel is dat de verkoopmakelaar aangeeft of een woning tot één van de genoemde categorieën behoort. Daarmee is het onderscheid subjectiever dan dat tussen vrijstaand en niet-vrijstaand.

Het derde onderscheid is naar woonoppervlakte. De hypothese is hierbij dat relatief grote woningen gevoeliger zijn voor (toekomstig) bevingrisico dan woningen met een gemiddeld of relatief klein woonoppervlak. Grote woningen zijn gedefinieerd als woningen met een woonoppervlak van 140 m<sup>2</sup> of meer – dat is de grens van het hoogste kwartiel van verkochte woningen in het risicogebied – het zijn de woningen die qua oppervlakte behoren tot de 25% grootste woningen die verkocht zijn.

Het vierde onderscheid is naar bouwperiode: vooroorlogse woningen (bouwjaar tot en met 1940), naoorlogse woningen (bouwjaar vanaf 1945 tot en met 1990) en moderne woningen (bouwjaar 1991 tot heden). Het aandeel van elk van deze drie periodes in het aantal transacties in het risicogebied is respectievelijk 26%, 49% en 25%. De hypothese is dat het prijseffect bij

vooorlogse woningen groter is omdat de kans op schade mogelijk groter is; bij woningen van na 1990 zou dit effect juist minder groot zijn.

Een complicatie is dat de onderscheiden woningtypen niet evenredig zijn verspreid in het gebied; op bepaalde locaties komt een bepaald type woning vaker voor dan op andere. Daarmee is er een risico op de in hoofdstuk 3 beschreven *omitted variable bias*. Als bepaalde woningtypen vaker voorkomen op locaties met relatief gunstige of juist ongunstige locatiekenmerken bestaat er een risico op over- of onderschatting. Een verschil in het gemeten effect tussen twee typen woningen is dan mogelijk deels of geheel het gevolg van het verschil in locatiekenmerken. Daarom worden de modellen geschat met en zonder de in hoofdstuk 3 gebruikte (kleine set) locatiekenmerken. Vanwege de onevenredige verdeling van typen woningen over het gebied is het aannemelijk dat de modellen met de locatiekenmerken in dit hoofdstuk inhoudelijk te preferen zijn boven de modellen zonder locatiekenmerken.

### Vrijstaand versus niet-vrijstaand

In tabel 6.1 en 6.2 staan de resultaten van de modelschattingen waarbij het effect van ligging in het gebied is uitgesplitst naar vrijstaande en niet-vrijstaande woningen. Model 1 en model 4 zijn in beide tabellen de basisvariant waarin geen onderscheid is gemaakt naar type woning. Deze zijn identiek aan de verschillende modelvarianten in tabel 4.3 en 4.4 (op basis van de formule van Bommer et al. (2017)). In de andere modellen wordt steeds onderzocht in hoeverre de coëfficiënten van het gebiedseffect variëren tussen vrijstaande en niet-vrijstaande woningen. Model 2 en 5 zijn de varianten zonder locatiekenmerken en model 3 en 6 de varianten met locatiekenmerken.

De belangrijkste conclusie is dat in alle modellen – zowel met als zonder locatiekenmerken – het effect van de variabele voor ligging in het gebied (het imago-effect) groter lijkt te zijn voor vrijstaande dan voor niet-vrijstaande woningen. In de modellen zonder locatiekenmerken is het effect van ligging in het gebied voor niet-vrijstaande woningen zelfs niet statistisch afwijkend van nul. Dat suggereert dat het imago-effect alleen of vooral voor vrijstaande woningen een rol speelt en alleen het aantal bevingen tot een negatief effect voor niet-vrijstaande woningen leidt. In de modellen met locatiekenmerken is er wel een negatief imago-effect voor niet-vrijstaande woningen maar dit is beduidend kleiner dan voor vrijstaande woningen. Het

effect van de bevingsindicator wordt kleiner in deze modellen en voor de varianten met de cumulatieve grondsnelheid (tabel 6.2) is er geen significant van nul afwijkend effect meer.

**Tabel 6.1 Resultaten interactie-effecten naar type woning vrijstaand – niet-vrijstaand – bevingen 2,9 en 5 mm/sec**

| Afhankelijke<br>variabele: (log)<br>huizenprijzen<br>per vierkante<br>meter              | 1<br>(basis-<br>model<br>bevin-<br>gen 5<br>mm/sec) | 2<br>(bevin-<br>gen 5<br>mm/sec) | 3<br>(beving-<br>en 5<br>mm/sec) | 4<br>(basis-<br>model<br>bevin-<br>gen 2,9<br>mm/sec) | 5<br>(bevin-<br>gen 2,9<br>mm/sec) | 6<br>(bevin-<br>gen 2,9<br>mm/sec) |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                                       |                                                     |                                  |                                  |                                                       |                                    |                                    |
| Ligging in<br>risicogebied<br>Los                                                        | -0,022<br>(-3,9)***                                 |                                  |                                  | -0,019<br>(-3,4)***                                   |                                    |                                    |
| * <i>vrijstaand</i>                                                                      |                                                     | -0,059<br>(-6,0)***              | -0,050<br>(-5,6)***              |                                                       | -0,056<br>(-5,7)***                | -0,050<br>(-5,5)***                |
| * <i>niet-<br/>vrijstaand</i>                                                            |                                                     | -0,001<br>(-0,1)                 | -0,014<br>(-2,4)**               |                                                       | 0,002<br>(0,3)                     | -0,014<br>(-2,4)***                |
| Aantal<br>bevingen                                                                       | -0,015<br>(-6,4)***                                 | -0,014<br>(-5,9)***              | -0,005<br>(-2,3)**               | -0,009<br>(-6,9)***                                   | -0,008<br>(-6,3)***                | -0,002<br>(-1,7)*                  |
| Toegekend<br>budget voor<br>schadeherstel<br>van € 1000 of<br>meer (dummy-<br>variabele) | 0,022<br>(3,5)***                                   | 0,027<br>(4,2)***                | 0,048<br>(8,6)***                | 0,024<br>(3,8)***                                     | 0,028<br>(4,4)***                  | 0,048<br>(8,5)***                  |
| Kwartaal-<br>dummy's                                                                     | ja                                                  | ja                               | ja                               | ja                                                    | ja                                 | ja                                 |
| Huizen-<br>kenmerken                                                                     | ja                                                  | ja                               | ja                               | ja                                                    | ja                                 | ja                                 |
| Locatie-<br>kenmerken                                                                    | nee                                                 | nee                              | ja                               | nee                                                   | nee                                | ja                                 |
| N                                                                                        | 11.840                                              | 11.840                           | 11.840                           | 11.840                                                | 11.840                             | 11.840                             |
| R                                                                                        | 0,49                                                | 0,49                             | 0,61                             | 0,49                                                  | 0,49                               | 0,61                               |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

Tabel 6.2 Resultaten interactie-effecten naar type woning vrijstaand – niet-vrijstaand – cumulatieve grondsnelheid 2,9 en 5 mm/sec

| Afhankelijke<br>variabele: (log)<br>huizenprijzen<br>per vierkante<br>meter              | 1<br>(basis-<br>model<br>PGV 5<br>mm/sec) | 2<br>(PGV 5<br>mm/sec) | 3<br>(PGV 5<br>mm/sec) | 4<br>(basis-<br>model<br>PGV 2,9<br>mm/sec) | 5<br>(PGV 2,9<br>mm/sec) | 6<br>(PGV 2,9<br>mm/sec) |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                                       |                                           |                        |                        |                                             |                          |                          |
| Ligging in<br>risicogebied                                                               |                                           |                        |                        |                                             |                          |                          |
| Los                                                                                      | -0,022<br>(-4,0)***                       |                        |                        | -0,020<br>(-3,6)***                         |                          |                          |
| * <i>vrijstaand</i>                                                                      |                                           | -0,060<br>(-6,1)***    | -0,051<br>(-5,7)***    |                                             | -0,058<br>(-5,9)***      | -0,051<br>(-5,6)***      |
| * <i>niet-<br/>vrijstaand</i>                                                            |                                           | -0,001<br>(-0,1)       | -0,014<br>(-2,5)**     |                                             | 0,001<br>(0,1)           | -0,014<br>(-2,5)**       |
| Cumulatieve<br>grondsnelheid                                                             | -0,012<br>(-4,5)***                       | -0,010<br>(-3,9)***    | -0,003<br>(-1,4)       | -0,010<br>(-5,1)***                         | -0,009<br>(-4,4)***      | -0,002<br>(-0,9)         |
| Toegekend<br>budget voor<br>schadeherstel<br>van € 1000 of<br>meer (dummy-<br>variabele) | 0,019<br>(3,0)***                         | 0,023<br>(3,7)***      | 0,047<br>(8,4)***      | 0,021<br>(3,3)***                           | 0,025<br>(3,9)***        | 0,047<br>(8,3)***        |
| Kwartaal-<br>dummy's                                                                     | ja                                        | ja                     | ja                     | ja                                          | ja                       | ja                       |
| Huizen-<br>kenmerken                                                                     | ja                                        | ja                     | ja                     | ja                                          | ja                       | ja                       |
| Locatie-<br>kenmerken                                                                    | nee                                       | nee                    | ja                     | nee                                         | nee                      | ja                       |
| N                                                                                        | 11.840                                    | 11.840                 | 11.840                 | 11.840                                      | 11.840                   | 11.840                   |
| R                                                                                        | 0,49                                      | 0,49                   | 0,61                   | 0,49                                        | 0,49                     | 0,61                     |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

Tabel 6.3 en 6.4 tonen de resultaten van de modellen waarin is gekeken in hoeverre (ook) het effect van de beving variabele en de schade variabele varieert tussen vrijstaande en niet-vrijstaande woningen. In de modellen zonder locatiekenmerken blijkt er geen tot nauwelijks verschil te zijn in het effect van de beving indicator. Dat geldt zowel voor de modellen met het aantal bevingen (model 1 en 3 in tabel 6.3) als voor de modellen met de cumulatieve grondsnelheid als beving indicator (model 1 en 3 in tabel 6.4). De variabele voor ligging in het gebied blijft niet significant voor niet-vrijstaande woningen. De coëfficiënt voor schade is voor zowel vrijstaande

als niet-vrijstaande woningen positief. Voor vrijstaande woningen is deze beduidend groter dan voor niet-vrijstaande woningen. Dat kan mogelijk deels worden verklaard door de correlatie tussen schade en type woningen: vrijstaande woningen hebben relatief vaker schade van € 1000 of meer dan niet-vrijstaande woningen.

Op basis van deze resultaten zou de conclusie zijn dat beide typen woningen in gelijke mate een negatief effect ondervinden van bevingen maar dat het imago-effect alleen voor vrijstaande woningen een rol speelt. Een verklaring daarvoor zou kunnen zijn dat potentiële kopers van vrijstaande woningen eerder van buiten het gebied komen en daardoor gevoeliger zijn voor het imago-effect, maar dat is op basis van dit onderzoek niet aan te geven. De resultaten van de modellen met locatiekenmerken (model 2 en 4 in tabel 6.3 en 6.4) laten bovendien een omgekeerd beeld zien: er is alleen een significant effect van de bevingsindicator voor vrijstaande woningen en een negatief imago-effect voor vrijstaande en niet-vrijstaande woningen. Dat zorgt ervoor dat deze resultaten niet heel robuust en eenduidig te interpreteren zijn. Wel is het gedeelde beeld uit alle modellen in tabel 6.1 tot en met 6.4 dat het prijseffect van het bevingsrisico gemiddeld genomen groter is voor vrijstaande woningen. Dat is in lijn met de eerder geformuleerde hypothese dat woningen in de hogere segmenten een sterker prijseffect ervaren dan de rest van de woningmarkt.



**Tabel 6.3 Resultaten interactie-effecten naar type woning vrijstaand – niet-vrijstaand – bevingen 2,9 en 5 mm/sec**

| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per<br>vierkante meter   | 1<br>bevingen<br>5 mm/sec | 2<br>bevingen<br>5 mm/sec | 3<br>bevingen<br>2,9 mm/sec | 4<br>bevingen<br>2,9 mm/sec |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                      |                           |                           |                             |                             |
| Ligging in risicogebied<br>* <i>vrijstaand</i>                          | -0,070<br>(-6,6)***       | -0,052<br>(-5,4)***       | -0,066<br>(-6,2)***         | -0,050<br>(-5,1)***         |
| * <i>niet-vrijstaand</i>                                                | 0,004<br>(0,8)            | -0,013<br>(-2,3)***       | 0,006<br>(1,0)              | -0,015<br>(-2,6)***         |
| Bevingen<br>* <i>vrijstaand</i>                                         | -0,015<br>(-4,7)***       | -0,010<br>(-3,6)***       | -0,009<br>(-5,2)***         | -0,006<br>(-3,6)***         |
| * <i>niet-vrijstaand</i>                                                | -0,016<br>(-4,6) ***      | 0,004<br>(1,1)            | -0,007<br>(-4,1)***         | 0,004<br>(2,2)**            |
| Toegekend budget voor schadeherstel van € 1000 of meer (dummyvariabele) |                           |                           |                             |                             |
| * <i>vrijstaand</i>                                                     | 0,050<br>(4,8)***         | 0,060<br>(6,4)***         | 0,053<br>(5,1)***           | 0,061<br>(6,6)***           |
| * <i>niet-vrijstaand</i>                                                | 0,008<br>(1,1)            | 0,039<br>(6,2)***         | 0,009<br>(1,2)              | 0,037<br>(5,8)***           |
| Kwartaaldummy's                                                         | ja                        | ja                        | ja                          | ja                          |
| Huizenkenmerken                                                         | ja                        | ja                        | ja                          | Ja                          |
| Locatiekenmerken                                                        | nee                       | ja                        | nee                         | ja                          |
| N                                                                       | 11.840                    | 11.840                    | 11.840                      | 11.840                      |
| R                                                                       | 0,49                      | 0,61                      | 0,49                        | 0,61                        |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel 6.4 Resultaten interactie-effecten naar type woning vrijstaand – niet-vrijstaand – cumulatieve grondsnelheid 2,9 en 5 mm/sec**

| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per<br>vierkante meter   | 1<br>PGV<br>5 mm/sec | 2<br>PGV<br>5 mm/sec | 3<br>PGV<br>2,9 mm/sec | 4<br>PGV<br>2,9 mm/sec |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                      |                      |                      |                        |                        |
| Ligging in risicogebied                                                 |                      |                      |                        |                        |
| * <i>vrijstaand</i>                                                     | -0,071<br>(-6,7)***  | -0,053<br>(-5,5)***  | -0,068<br>(-6,4)***    | -0,051<br>(-5,3)***    |
| * <i>niet vrijstaand</i>                                                | 0,004<br>(0,8)       | -0,014<br>(-2,4)***  | 0,006<br>(0,9)         | -0,016<br>(-2,7)***    |
| Cumulatieve grondsnelheid                                               |                      |                      |                        |                        |
| * <i>vrijstaand</i>                                                     | -0,011<br>(-3,3)***  | -0,007<br>(-2,4)***  | -0,010<br>(-3,8)***    | -0,006<br>(-2,6)***    |
| * <i>niet-vrijstaand</i>                                                | -0,013<br>(-3,2)***  | 0,007<br>(1,7)*      | -0,009<br>(-2,9)***    | 0,009<br>(2,8)**       |
| Toegekend budget voor schadeherstel van € 1000 of meer (dummyvariabele) |                      |                      |                        |                        |
| * <i>vrijstaand</i>                                                     | 0,046<br>(4,5)***    | 0,057<br>(6,2)***    | 0,049<br>(4,7)***      | 0,059<br>(6,3)***      |
| * <i>niet-vrijstaand</i>                                                | 0,006<br>(0,8)       | 0,038<br>(6,1)***    | 0,007<br>(0,9)         | 0,036<br>(5,7)***      |
| Kwartaaldummy's                                                         | ja                   | ja                   | ja                     | ja                     |
| Huizenkenmerken                                                         | ja                   | ja                   | ja                     | ja                     |
| Locatiekenmerken                                                        | nee                  | ja                   | nee                    | ja                     |
| N                                                                       | 11.840               | 11.840               | 11.840                 | 11.840                 |
| R                                                                       | 0,49                 | 0,61                 | 0,49                   | 0,61                   |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

### Luxe versus niet-luxe

In de tabellen 6.5 tot en met 6.8 staan de resultaten van de modelschattingen met het onderscheid naar luxe en niet-luxe woningen. De belangrijkste conclusie is dat er duidelijke aanwijzingen zijn dat luxe woningen een negatiever prijseffect van (toekomstig) bevingsrisico hebben dan niet-luxe woningen. In alle modelschattingen is het effect van ligging in het gebied fors hoger (drie tot vijf keer zo groot) voor luxe woningen. Bovendien zijn in de modelschattingen waarin ook de bevingsindicatoren zijn gesplitst (tabel 6.7 en 6.8) de coëfficiënten voor deze indicatoren veelal negatiever voor luxe woningen dan voor niet-luxe woningen. Daarnaast verschillen in de modellen waar locatiekenmerken zijn meegenomen de indicatoren voor

de cumulatieve grondsnelheid niet meer significant van nul voor zowel luxe als niet-luxe woningen (model 2 en 4 in tabel 6.8). Daarmee bevestigt deze analyse het beeld van vrijstaande en niet-vrijstaande woningen; het prijseffect is groter voor de hogere segmenten van de woningmarkt.

**Tabel 6.5 Resultaten interactie-effecten naar type woning luxe – niet-luxe, bevingen 2,9 en 5 mm/sec**

| Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen per vierkante meter          | 1<br>(basis-model Bevingen 5 mm/sec) | 2<br>(bevingen 5 mm/sec) | 3<br>(bevingen 5 mm/sec) | 4<br>(basis-model bevingen 2,9 mm/sec) | 5<br>(bevingen 2,9 mm/sec) | 6<br>(bevingen 2,9 mm/sec) |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                       |                                      |                          |                          |                                        |                            |                            |
| Ligging in risicogebied Los                                              | -0,022<br>(-3,9)***                  |                          |                          | -0,019<br>(-3,4)***                    |                            |                            |
| × luxe                                                                   |                                      | -0,082<br>(-4,6)***      | -0,075<br>(-4,6)***      |                                        | -0,080<br>(-4,4)***        | -0,075<br>(-4,6)***        |
| × niet-luxe                                                              |                                      | -0,014<br>(-2,6)***      | -0,021<br>(-3,9)***      |                                        | -0,012<br>(-2,1)**         | -0,021<br>(-3,8)**         |
| Aantal bevingen                                                          | -0,015<br>(-6,4)***                  | -0,015<br>(-6,3)***      | -0,006<br>(-2,5)**       | -0,009<br>(-6,9)***                    | -0,008<br>(-6,8)***        | -0,003<br>(-2,0)*          |
| Toegekend budget voor schadeherstel van € 1000 of meer (dummy-variabele) | 0,022<br>(3,5)***                    | 0,024<br>(3,8)***        | 0,047<br>(8,5)***        | 0,024<br>(3,8)***                      | 0,026<br>(4,1)***          | 0,047<br>(8,4)***          |
| Kwartaal-dummy's                                                         | ja                                   | ja                       | ja                       | ja                                     | ja                         | ja                         |
| Huizen-kenmerken                                                         | ja                                   | ja                       | ja                       | ja                                     | ja                         | ja                         |
| Locatie-kenmerken                                                        | nee                                  | nee                      | ja                       | nee                                    | nee                        | ja                         |
| N                                                                        | 11.840                               | 11.840                   | 11.840                   | 11.840                                 | 11.840                     | 11.840                     |
| R                                                                        | 0,49                                 | 0,49                     | 0,61                     | 0,49                                   | 0,49                       | 0,61                       |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel 6.6 Resultaten interactie-effecten naar type woning luxe – niet-luxe, cumulatieve grondsnelheid 2,9 en 5 mm/sec**

| Afhankelijke<br>variabele: (log)<br>huizenprijzen<br>per vierkante<br>meter              | 1<br>(basis-<br>model<br>PGV 5<br>mm/sec) | 2<br>(PGV 5<br>mm/sec) | 3<br>(PGV 5<br>mm/sec) | 4<br>(basis-<br>model<br>PGV 2,9<br>mm/sec) | 5<br>(PGV 2,9<br>mm/sec) | 6<br>(PGV 2,9<br>mm/sec) |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                                       |                                           |                        |                        |                                             |                          |                          |
| Ligging in<br>risicogebied                                                               |                                           |                        |                        |                                             |                          |                          |
| Los                                                                                      | -0,022<br>(-4,0)***                       |                        |                        | -0,020<br>(-3,6)***                         |                          |                          |
| * luxe                                                                                   |                                           | -0,083<br>(-4,6)***    | -0,076<br>(-4,7)***    |                                             | -0,081<br>(-4,5)***      | -0,076<br>(-4,7)***      |
| * niet-luxe                                                                              |                                           | -0,015<br>(-2,7)**     | -0,022<br>(-4,0)***    |                                             | -0,013<br>(-2,3)**       | -0,022<br>(-3,9)***      |
| Cumulatieve<br>grondsnelheid                                                             | -0,012<br>(-4,5)***                       | -0,011<br>(-4,4)***    | -0,004<br>(-1,7)*      | -0,010<br>(-5,1)***                         | -0,010<br>(-5,0)***      | -0,003<br>(-1,3)         |
| Toegekend<br>budget voor<br>schadeherstel<br>van € 1000 of<br>meer (dummy-<br>variabele) | 0,019<br>(3,0)***                         | 0,021<br>(3,3)***      | 0,046<br>(8,3)***      | 0,021<br>(3,3)***                           | 0,023<br>(3,6)***        | 0,046<br>(8,2)***        |
| Kwartaal-<br>dummy's                                                                     | ja                                        | ja                     | ja                     | ja                                          | ja                       | ja                       |
| Huizen-<br>kenmerken                                                                     | ja                                        | ja                     | ja                     | ja                                          | ja                       | ja                       |
| Locatie-<br>kenmerken                                                                    | nee                                       | nee                    | ja                     | nee                                         | nee                      | ja                       |
| N                                                                                        | 11.840                                    | 11.840                 | 11.840                 | 11.840                                      | 11.840                   | 11.840                   |
| R                                                                                        | 0,49                                      | 0,49                   | 0,61                   | 0,49                                        | 0,49                     | 0,61                     |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel 6.7 Resultaten interactie-effecten naar type woning luxe– niet-luxe, bevingen 2,9 en 5 mm/sec**

| Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen per vierkante meter         | 1<br>bevingen<br>5 mm/sec | 2<br>bevingen<br>5 mm/sec | 3<br>bevingen<br>2,9 mm/sec | 4<br>bevingen<br>2,9 mm/sec |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                      |                           |                           |                             |                             |
| Ligging in risicogebied                                                 |                           |                           |                             |                             |
| × <i>luxe</i>                                                           | -0,072<br>(-3,6)***       | -0,068<br>(-3,8)***       | -0,064<br>(-3,2)***         | -0,063<br>(-3,5)***         |
| × <i>niet-luxe</i>                                                      | -0,016<br>(-2,8)***       | -0,022<br>(-4,1)***       | -0,014<br>(-2,5)***         | -0,023<br>(-4,1)***         |
| Bevingen                                                                |                           |                           |                             |                             |
| × <i>luxe</i>                                                           | -0,031<br>(-4,1)***       | -0,016<br>(-2,4)**        | -0,022<br>(-5,6)***         | -0,012<br>(-3,3)***         |
| × <i>niet-luxe</i>                                                      | -0,012<br>(-4,9)***       | -0,004<br>(-1,6)*         | -0,006<br>(-4,8)***         | -0,001<br>(-0,7)            |
| Toegekend budget voor schadeherstel van € 1000 of meer (dummyvariabele) |                           |                           |                             |                             |
| × <i>luxe</i>                                                           | 0,021<br>(1,1)            | 0,043<br>(2,5) ***        | 0,031<br>(1,6)*             | 0,049<br>(2,9) ***          |
| × <i>niet-luxe</i>                                                      | 0,024<br>(3,8)***         | 0,048<br>(8,4)***         | 0,025<br>(3,9)***           | 0,046<br>(8,1)***           |
| Kwartaaldummy's                                                         | ja                        | ja                        | ja                          | ja                          |
| Huizenkenmerken                                                         | ja                        | ja                        | ja                          | ja                          |
| Locatiekenmerken                                                        | nee                       | ja                        | nee                         | ja                          |
| N                                                                       | 11.840                    | 11.840                    | 11.840                      | 11.840                      |
| R                                                                       | 0,49                      | 0,61                      | 0,49                        | 0,61                        |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel 6.8 Resultaten interactie-effecten naar type woning luxe – niet-luxe woning, cumulatieve grondsnelheid 2,9 en 5 mm/sec**

| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per<br>vierkante meter         | 1<br>PGV<br>5 mm/sec | 2<br>PGV<br>5 mm/sec | 3<br>PGV<br>2,9 mm/sec | 4<br>PGV<br>2,9 mm/sec |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                            |                      |                      |                        |                        |
| Ligging in risicogebied                                                       |                      |                      |                        |                        |
| × <i>luxe</i>                                                                 | -0,074<br>(-3,7)***  | -0,069<br>(-3,9)***  | -0,069<br>(-3,4)***    | -0,067<br>(-3,7)***    |
| × <i>niet-luxe</i>                                                            | -0,016<br>(-2,8)***  | -0,022<br>(-4,1)***  | -0,014<br>(-2,6)**     | -0,023<br>(-4,1)***    |
| Cumulatieve grondsnelheid<br>(5 mm/sec)                                       |                      |                      |                        |                        |
| × <i>luxe</i>                                                                 | -0,019<br>(-2,3)**   | -0,007<br>(-1,0)     | -0,021<br>(-3,3)***    | -0,008<br>(-1,4)       |
| × <i>niet-luxe</i>                                                            | -0,010<br>(-3,7)***  | -0,003<br>(-1,4)     | -0,008<br>(-3,8)***    | -0,001<br>(-0,7)       |
| Toegekend budget voor<br>schadeherstel van € 1000 of<br>meer (dummyvariabele) |                      |                      |                        |                        |
| × <i>luxe</i>                                                                 | 0,010<br>(0,50)      | 0,035<br>(2,1)**     | 0,017<br>(0,9)         | 0,039<br>(2,3)**       |
| × <i>niet-luxe</i>                                                            | 0,022<br>(3,5)***    | 0,048<br>(8,3)***    | 0,024<br>(3,6)***      | 0,047<br>(8,1)***      |
| Kwartaaldummy's                                                               | ja                   | ja                   | ja                     | ja                     |
| Huizenkenmerken                                                               | Ja                   | ja                   | ja                     | ja                     |
| Locatiekenmerken                                                              | nee                  | ja                   | nee                    | ja                     |
| N                                                                             | 11.840               | 11.840               | 11.840                 | 11.840                 |
| R                                                                             | 0,49                 | 0,61                 | 0,49                   | 0,61                   |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

## Omvang

In tabel 6.9 tot en met 6.12 staan de resultaten van modelschattingen met onderscheid tussen grote woningen (woonoppervlak 140 m<sup>2</sup> of meer) en gemiddelde tot kleinere woningen. De belangrijkste conclusie is dat er aanwijzingen zijn dat grotere woningen een negatiever prijseffect ervaren. De coëfficiënt voor ligging in het gebied is in alle modelschattingen twee tot twee-en-half keer zo groot voor grotere woningen als voor gemiddelde tot kleinere woningen. In schattingen waar de bevingsindicator is gesplitst (tabel 6.11 en 6.12) is deze coëfficiënt ook groter voor grotere woningen. In de

schattingen met locatiekenmerken is de coëfficiënt voor de beviningsindicator voor de gemiddelde tot kleinere woningen veelal niet meer significant. Ook deze resultaten wijzen erop dat het effect in het hogere segment groter is dan op de rest van de woningmarkt.

| Tabel 6.9 Resultaten interactie-effecten naar type woning groot – gemiddeld tot klein, bevingen 2,9 en 5 mm/sec                                                                                                                  |                                      |                          |                          |                                        |                            |                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen per vierkante meter                                                                                                                                                                  | 1<br>(basis-model bevingen 5 mm/sec) | 2<br>(bevingen 5 mm/sec) | 3<br>(bevingen 5 mm/sec) | 4<br>(basis-model bevingen 2,9 mm/sec) | 5<br>(bevingen 2,9 mm/sec) | 6<br>(bevingen 2,9 mm/sec) |
| <i>Effect van:</i>                                                                                                                                                                                                               |                                      |                          |                          |                                        |                            |                            |
| Ligging in risicogebied Los                                                                                                                                                                                                      | -0,022<br>(-3,9)***                  |                          |                          | -0,019<br>(-3,4)***                    |                            |                            |
| * groot                                                                                                                                                                                                                          |                                      | -0,042<br>(-4,6)***      | -0,047<br>(-5,6)***      |                                        | -0,039<br>(-4,2)***        | -0,047<br>(-5,5)***        |
| * gemiddeld – tot klein                                                                                                                                                                                                          |                                      | -0,015<br>(-2,7)**       | -0,021<br>(-3,8)***      |                                        | -0,012<br>(-2,2)**         | -0,021<br>(-3,7)***        |
| Aantal bevingen                                                                                                                                                                                                                  | -0,015<br>(-6,4)***                  | -0,015<br>(-6,4)***      | -0,006<br>(-2,5)**       | -0,009<br>(-6,9)***                    | -0,008<br>(-6,8)***        | -0,002<br>(-2,0)*          |
| Toegekend budget voor schadeherstel van € 1000 of meer (dummy-variabele)                                                                                                                                                         | 0,022<br>(3,5)***                    | 0,024<br>(3,7)***        | 0,047<br>(8,4)***        | 0,024<br>(3,8)***                      | 0,026<br>(4,0)***          | 0,047<br>(8,3)***          |
| Kwartaal-dummy's                                                                                                                                                                                                                 | ja                                   | ja                       | ja                       | ja                                     | ja                         | ja                         |
| Huizen-kenmerken                                                                                                                                                                                                                 | ja                                   | ja                       | ja                       | ja                                     | ja                         | ja                         |
| Locatie-kenmerken                                                                                                                                                                                                                | nee                                  | nee                      | ja                       | nee                                    | nee                        | ja                         |
| N                                                                                                                                                                                                                                | 11.840                               | 11.840                   | 11.840                   | 11.840                                 | 11.840                     | 11.840                     |
| R                                                                                                                                                                                                                                | 0,49                                 | 0,49                     | 0,61                     | 0,49                                   | 0,49                       | 0,61                       |
| Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten. |                                      |                          |                          |                                        |                            |                            |

| Tabel 6.10 Resultaten interactie-effecten naar type woning groot –<br>gemiddeld tot klein; cumulatieve grondsnelheid 2,9 en 5 mm/sec                                                                                                   |                                           |                        |                        |                                             |                          |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Afhankelijke<br>variabele: (log)<br>huizenprijzen<br>per vierkante<br>meter                                                                                                                                                            | 1<br>(basis-<br>model<br>PGV 5<br>mm/sec) | 2<br>(PGV 5<br>mm/sec) | 3<br>(PGV 5<br>mm/sec) | 4<br>(basis-<br>model<br>PGV 2,9<br>mm/sec) | 5<br>(PGV 2,9<br>mm/sec) | 6<br>(PGV 2,9<br>mm/sec) |
| <i>Effect van:</i>                                                                                                                                                                                                                     |                                           |                        |                        |                                             |                          |                          |
| Ligging in<br>risicogebied                                                                                                                                                                                                             |                                           |                        |                        |                                             |                          |                          |
| Los                                                                                                                                                                                                                                    | -0,022<br>(-4,0)***                       |                        |                        | -0,020<br>(-3,6)***                         |                          |                          |
| * groot                                                                                                                                                                                                                                |                                           | -0,042<br>(-4,6)***    | -0,048<br>(-5,6)***    |                                             | -0,040<br>(-4,3)***      | -0,048<br>(-5,6)***      |
| * gemiddeld<br>tot klein                                                                                                                                                                                                               |                                           | -0,015<br>(-2,7)**     | -0,021<br>(-3,8)***    |                                             | -0,014<br>(-2,4)**       | -0,021<br>(-3,8)***      |
| Cumulatieve<br>grondsnelheid                                                                                                                                                                                                           | -0,012<br>(-4,5)***                       | -0,012<br>(-4,4)***    | -0,004<br>(-1,7)*      | -0,010<br>(-5,1)***                         | -0,010<br>(-5,0)***      | -0,002<br>(-1,3)         |
| Toegekend<br>budget voor<br>schadeherstel<br>van € 1000 of<br>meer (dummy-<br>variabele)                                                                                                                                               | 0,019<br>(3,0)***                         | 0,020<br>(3,2)***      | 0,046<br>(8,2)***      | 0,021<br>(3,3)***                           | 0,022<br>(3,5)***        | 0,046<br>(8,1)***        |
| Kwartaal-<br>dummy's                                                                                                                                                                                                                   | ja                                        | ja                     | ja                     | ja                                          | ja                       | ja                       |
| Huizen-<br>kenmerken                                                                                                                                                                                                                   | ja                                        | ja                     | ja                     | ja                                          | ja                       | ja                       |
| Locatie-<br>kenmerken                                                                                                                                                                                                                  | nee                                       | nee                    | ja                     | nee                                         | nee                      | ja                       |
| N                                                                                                                                                                                                                                      | 11.840                                    | 11.840                 | 11.840                 | 11.840                                      | 11.840                   | 11.840                   |
| R                                                                                                                                                                                                                                      | 0,49                                      | 0,49                   | 0,61                   | 0,49                                        | 0,49                     | 0,61                     |
| Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als<br>een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat<br>met robuuste standaardfouten. |                                           |                        |                        |                                             |                          |                          |



**Tabel 6.11 Resultaten interactie-effecten naar type woning groot – gemiddeld tot klein, bevingen 2,9 en 5 mm/sec**

| Afhankelijke variabele: (log)<br>huizenprijzen per vierkante<br>meter         | 1<br>bevingen<br>5 mm/sec | 2<br>bevingen<br>5 mm/sec | 3<br>bevingen<br>2,9 mm/sec | 4<br>bevingen<br>2,9 mm/sec |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                            |                           |                           |                             |                             |
| Ligging in risicogebied                                                       |                           |                           |                             |                             |
| * groot                                                                       | -0,035<br>(-3,2)***       | -0,046<br>(-4,6)***       | -0,027<br>(-2,4)**          | -0,042<br>(-4,2)***         |
| * gemiddeld tot klein                                                         | -0,017<br>(-2,9)***       | -0,021<br>(-3,9)***       | -0,016<br>(-2,8)**          | -0,023<br>(-4,0)***         |
| Bevingen                                                                      |                           |                           |                             |                             |
| * groot                                                                       | -0,026<br>(-5,5)***       | -0,016<br>(-3,7)***       | -0,017<br>(-6,8)***         | -0,010<br>(-4,2)***         |
| * gemiddeld tot klein                                                         | -0,009<br>(-3,5)***       | -0,001<br>(-0,3)          | -0,004<br>(-3,1)***         | 0,001<br>(0,7)              |
| Toegekend budget voor<br>schadeherstel van € 1000 of<br>meer (dummyvariabele) |                           |                           |                             |                             |
| * groot                                                                       | 0,024<br>(1,8)*           | 0,057<br>(4,8)***         | 0,032<br>(2,4)**            | 0,061<br>(5,1)***           |
| * gemiddeld tot groot                                                         | 0,022<br>(3,3)***         | 0,043<br>(7,1)***         | 0,022<br>(3,2)***           | 0,041<br>(6,8)***           |
| Kwartaaldummy's                                                               | ja                        | ja                        | ja                          | ja                          |
| Huizenkenmerken                                                               | ja                        | ja                        | ja                          | ja                          |
| Locatiekenmerken                                                              | nee                       | ja                        | nee                         | ja                          |
| N                                                                             | 11.840                    | 11.840                    | 11.840                      | 11.840                      |
| R                                                                             | 0,49                      | 0,61                      | 0,49                        | 0,61                        |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel 6.12 Resultaten interactie-effecten naar type woning groot – gemiddeld tot klein, cumulatieve grondsnelheid 2,9 en 5 mm/sec**

| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per<br>vierkante meter         | 1<br>PGV<br>5 mm/sec | 2<br>PGV<br>5 mm/sec | 3<br>PGV<br>2,9 mm/sec | 4<br>PGV<br>2,9 mm/sec |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                            |                      |                      |                        |                        |
| Ligging in risicogebied                                                       |                      |                      |                        |                        |
| * groot                                                                       | -0,036<br>(-3,3)***  | -0,047<br>(-4,8)***  | -0,031<br>(-2,8)***    | -0,045<br>(-4,5)***    |
| * gemiddeld tot klein                                                         | -0,017<br>(-2,9)***  | -0,022<br>(-3,9)***  | -0,016<br>(-2,8)***    | -0,022<br>(-4,0)***    |
| Cumulatieve grondsnelheid<br>(5 mm/sec)                                       |                      |                      |                        |                        |
| * groot                                                                       | -0,020<br>(-3,9)***  | -0,011<br>(-2,5)**   | -0,020<br>(-4,9)***    | -0,010<br>(-2,8)**     |
| * gemiddeld tot klein                                                         | -0,007<br>(-2,4)***  | -0,0003<br>(-0,1)    | -0,005<br>(-2,3)*      | 0,001<br>(0,7)         |
| Toegekend budget voor<br>schadeherstel van € 1000 of<br>meer (dummyvariabele) |                      |                      |                        |                        |
| * groot                                                                       | 0,017<br>(1,3)       | 0,053<br>(4,5)***    | 0,023<br>(1,8)*        | 0,056<br>(4,7)***      |
| * gemiddeld tot klein                                                         | 0,020<br>(3,0)***    | 0,043<br>(7,1)***    | 0,021<br>(3,0)***      | 0,041<br>(6,9)***      |
| Kwartaaldummy's                                                               | ja                   | ja                   | ja                     | ja                     |
| Huizenkenmerken                                                               | ja                   | ja                   | ja                     | ja                     |
| Locatiekenmerken                                                              | nee                  | ja                   | nee                    | ja                     |
| N                                                                             | 11.840               | 11.840               | 11.840                 | 11.840                 |
| R                                                                             | 0,49                 | 0,61                 | 0,49                   | 0,61                   |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

## Bouwperiode

In tabel 6.13 tot en met 6.16 staan de resultaten van de modelschattingen waarbij onderscheid is gemaakt naar bouwperiode. Op basis van de modellen waar alleen een onderscheid van het imago-effect naar bouwperiode wordt gemaakt (tabel 6.13 en 6.14) ontstaat het beeld dat het imago-effect het sterkst is voor oude, vooroorlogse woningen. Ook voor naoorlogse woningen (tot en met 1990) is er een negatief effect voor ligging in het risicogebied maar dit is wat minder negatief dan bij de vooroorlogse woningen. Woningen die gebouwd zijn na 1990 hebben een positief effect. Een mogelijk verklaring zou kunnen zijn dat deze woningen als minder

schadegevoelig worden gezien waardoor de vraag naar deze woningen groter is: een soort ‘waterbedeffect’.

In de modellen waarbij ook voor de bevingsindicatoren en schade-indicator onderscheid wordt gemaakt naar bouwperiode blijft het negatieve effect voor oudere woningen en het positieve effect voor nieuwe woningen bestaan. Het negatieve effect van de bevingsindicatoren is in de modellen zonder locatiekenmerken (model 1 en 3 in tabel 6.15 en 6.16) daarentegen het sterkst voor woningen die gebouwd zijn na 1990 en juist minder sterk of niet afwijkend van nul voor woningen gebouwd tussen 1945 en 1990. Voor de vooroorlogse woningen is er ook een negatief effect maar dat is in deze modellen kleiner dan bij de woningen gebouwd na 1990. In de modellen met locatiekenmerken (model 2 en 4 in tabel 6.15 en 6.16) is het negatieve effect van de bevingsindicatoren vergelijkbaar voor vooroorlogse en moderne woningen. Voor woningen gebouwd tussen 1945 en 1990 lijkt er geen statistisch van nul afwijkend effect voor bevingen te zijn.

Alles overziend lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat vooroorlogse woningen gemiddeld een sterker prijseffect hebben dan woningen die later zijn gebouwd; er is zowel sprake van een negatiever gebiedseffect als van een negatiever effect voor de bevingsindicatoren. Woningen gebouwd na 1990 profiteren mogelijk van de (gepercipieerde) kleinere kans op schade. Op locaties met (veel) bevingen wordt dit effect echter (deels) teniet gedaan door het relatief sterke (negatieve) effect van bevingen dat moeilijker te verklaren is. Voor woningen gebouwd tussen 1945 en 1990 lijkt er vooral een generiek negatief effect te zijn – in de meeste modellen is er geen additioneel negatief effect van bevingen.

**Tabel 6.13 Resultaten interactie-effecten naar bouwperiode, bevingen 2,9 en 5 mm/sec**

| Afhankelijke<br>variabele: (log)<br>huizenprijzen<br>per vierkante<br>meter              | 1<br>(basis-<br>model<br>bevin-<br>gen 5<br>mm/sec) | 2<br>(bevin-<br>gen 5<br>mm/sec) | 3<br>(bevin-<br>gen 5<br>mm/sec) | 4<br>(basis-<br>model<br>bevin-<br>gen 2,9<br>mm/sec) | 5<br>(bevin-<br>gen 2,9<br>mm/sec) | 6<br>(bevin-<br>gen 2,9<br>mm/sec) |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                                       |                                                     |                                  |                                  |                                                       |                                    |                                    |
| Ligging in<br>risicogebied                                                               |                                                     |                                  |                                  |                                                       |                                    |                                    |
| Los                                                                                      | -0,022<br>(-3,9)***                                 |                                  |                                  | -0,019<br>(-3,4)***                                   |                                    |                                    |
| * <i>vooorlogs</i>                                                                       |                                                     | -0,074<br>(-5,7)***              | -0,057<br>(-4,9)***              |                                                       | -0,071<br>(-5,4)***                | -0,057<br>(-4,8)***                |
| * <i>naoorlogs</i>                                                                       |                                                     | -0,047<br>(-7,6)***              | -0,040<br>(-6,6)***              |                                                       | -0,045<br>(-7,1)***                | -0,040<br>(-6,5)***                |
| * <i>modern</i>                                                                          |                                                     | 0,096<br>(10)***                 | 0,041<br>(4,5)***                |                                                       | 0,098<br>(11)***                   | 0,042<br>(4,5)***                  |
| Aantal<br>bevingen                                                                       | -0,015<br>(-6,4)***                                 | -0,014<br>(-6,0)***              | -0,006<br>(-2,4)**               | -0,009<br>(-6,9)***                                   | -0,008<br>(-6,4)***                | -0,002<br>(-1,7)*                  |
| Toegekend<br>budget voor<br>schadeherstel<br>van € 1000 of<br>meer (dummy-<br>variabele) | 0,022<br>(3,5)***                                   | 0,026<br>(4,1)***                | 0,048<br>(8,5)***                | 0,024<br>(3,8)***                                     | 0,027<br>(4,3)***                  | 0,047<br>(8,4)***                  |
| Kwartaal-<br>dummy's                                                                     | ja                                                  | ja                               | ja                               | ja                                                    | ja                                 | ja                                 |
| Huizen-<br>kenmerken                                                                     | ja                                                  | Ja                               | ja                               | ja                                                    | ja                                 | ja                                 |
| Locatie-<br>kenmerken                                                                    | nee                                                 | nee                              | ja                               | nee                                                   | nee                                | ja                                 |
| N                                                                                        | 11.840                                              | 11.840                           | 11.840                           | 11.840                                                | 11.840                             | 11.840                             |
| R                                                                                        | 0,49                                                | 0,49                             | 0,61                             | 0,49                                                  | 0,49                               | 0,61                               |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

Tabel 6.14 Resultaten interactie-effecten naar bouwperiode, cumulatieve grondsnelheid 2,9 en 5 mm/sec

| Afhankelijke<br>variabele: (log)<br>huizenprijzen<br>per vierkante<br>meter              | 1<br>(basis-<br>model<br>PGV 5<br>mm/sec) | 2<br>(PGV 5<br>mm/sec) | 3<br>(PGV 5<br>mm/sec) | 4<br>(basis-<br>model<br>PGV 2,9<br>mm/sec) | 5<br>(PGV 2,9<br>mm/sec) | 6<br>(PGV 2,9<br>mm/sec) |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                                       |                                           |                        |                        |                                             |                          |                          |
| Ligging in<br>risicogebied                                                               | -0,022<br>(-4,0)***                       |                        |                        | -0,020<br>(-3,6)***                         |                          |                          |
| Los                                                                                      |                                           |                        |                        |                                             |                          |                          |
| × <i>vooorlogs</i>                                                                       |                                           | -0,075<br>(-5,7)***    | -0,058<br>(-5,0)***    |                                             | -0,073<br>(-5,6)***      | -0,058<br>(-4,9)***      |
| × <i>naoorlogs</i>                                                                       |                                           | -0,047<br>(-7,6)***    | -0,040<br>(-6,6)***    |                                             | -0,046<br>(-7,3)***      | -0,040<br>(-6,6)***      |
| × <i>modern</i>                                                                          |                                           | 0,096<br>(10)***       | 0,041<br>(4,4)***      |                                             | 0,097<br>(10)***         | 0,041<br>(4,4)***        |
| Cumulatieve<br>grondsnelheid                                                             | -0,012<br>(-4,5)***                       | -0,011<br>(-4,1)***    | -0,004<br>(-1,5)       | -0,010<br>(-5,1)***                         | -0,009<br>(-4,6)***      | -0,002<br>(-1,1)         |
| Toegekend<br>budget voor<br>schadeherstel<br>van € 1000 of<br>meer (dummy-<br>variabele) | 0,019<br>(3,0)***                         | 0,022<br>(3,6)***      | 0,046<br>(8,3)***      | 0,021<br>(3,3)***                           | 0,024<br>(3,8)***        | 0,046<br>(8,2)***        |
| Kwartaal-<br>dummy's                                                                     | ja                                        | ja                     | ja                     | ja                                          | ja                       | ja                       |
| Huizen-<br>kenmerken                                                                     | ja                                        | Ja                     | ja                     | ja                                          | ja                       | Ja                       |
| Locatie-<br>kenmerken                                                                    | nee                                       | nee                    | ja                     | nee                                         | nee                      | ja                       |
| N                                                                                        | 11.840                                    | 11.840                 | 11.840                 | 11.840                                      | 11.840                   | 11.840                   |
| R                                                                                        | 0,49                                      | 0,49                   | 0,61                   | 0,49                                        | 0,49                     | 0,61                     |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel 6.15 Resultaten interactie-effecten naar bouwperiode, bevingen 2,9 en 5 mm/sec**

| Afhankelijke variabele: (log)<br>huizenprijzen per vierkante<br>meter   | 1<br>bevingen<br>5 mm/sec | 2<br>bevingen<br>5 mm/sec | 3<br>bevingen<br>2,9 mm/sec | 4<br>bevingen<br>2,9 mm/sec |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                      |                           |                           |                             |                             |
| Ligging in risicogebied                                                 |                           |                           |                             |                             |
| × <i>vooorlogs</i>                                                      | -0,105<br>(-7,2)***       | -0,075<br>(-5,7)***       | -0,102<br>(-7,0)***         | -0,074<br>(-5,6)***         |
| × <i>naoorlogs</i>                                                      | -0,050<br>(-7,8)***       | -0,039<br>(-6,4)***       | -0,049<br>(-7,7)***         | -0,041<br>(-6,5)***         |
| × <i>modern</i>                                                         | 0,123<br>(12,6)***        | 0,054<br>(5,7)***         | 0,130<br>(13,4)***          | 0,055<br>(5,8)***           |
| Bevingen                                                                |                           |                           |                             |                             |
| × <i>vooorlogs</i>                                                      | -0,013<br>(-3,3)***       | -0,011<br>(-3,0)***       | -0,007<br>(-3,0)***         | -0,006<br>(-2,7)***         |
| × <i>naoorlogs</i>                                                      | -0,006<br>(-1,9)*         | 0,002<br>(0,5)            | -0,002<br>(-1,1)            | 0,002<br>(1,2)              |
| × <i>modern</i>                                                         | -0,044<br>(-8,7)***       | -0,009<br>(-1,8)*         | -0,026<br>(-10,8)***        | -0,004<br>(-1,6)*           |
| Toegekend budget voor schadeherstel van € 1000 of meer (dummyvariabele) |                           |                           |                             |                             |
| × <i>vooorlogs</i>                                                      | 0,085<br>(6,4)***         | 0,092<br>(7,6)***         | 0,086<br>(6,4)***           | 0,092<br>(7,6)***           |
| × <i>naoorlogs</i>                                                      | 0,027<br>(3,4)***         | 0,039<br>(5,7)***         | 0,025<br>(3,2)***           | 0,038<br>(5,5)***           |
| × <i>modern</i>                                                         | -0,046<br>(-4,2)***       | 0,008<br>(0,8)            | -0,039<br>(-3,6)***         | 0,008<br>(0,8)              |
| Kwartaaldummy's                                                         | ja                        | ja                        | ja                          | ja                          |
| Huizenkenmerken                                                         | Ja                        | Ja                        | Ja                          | Ja                          |
| Locatiekenmerken                                                        | nee                       | ja                        | nee                         | ja                          |
| N                                                                       | 11.840                    | 11.840                    | 11.840                      | 11.840                      |
| R                                                                       | 0,49                      | 0,61                      | 0,49                        | 0,61                        |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel 6.16 Resultaten interactie-effecten naar bouwperiode, cumulatieve grondsnelheid 2,9 en 5 mm/sec**

| Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen per vierkante meter         | 1<br>PGV 5<br>mm/sec | 2<br>PGV 5<br>mm/sec | 3<br>PGV 2,9<br>mm/sec | 4<br>PGV 2,9<br>mm/sec |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                      |                      |                      |                        |                        |
| Ligging in risicogebied                                                 |                      |                      |                        |                        |
| × <i>voorroorlogs</i>                                                   | -0,105<br>(-7,3)***  | -0,076<br>(-5,8)***  | -0,103<br>(-7,1)***    | -0,074<br>(-5,6)***    |
| × <i>naoorlogs</i>                                                      | -0,05<br>(-7,8)***   | -0,040<br>(-6,5)***  | -0,05<br>(-7,8)***     | -0,041<br>(-6,6)***    |
| × <i>modern</i>                                                         | 0,125<br>(12,7)***   | 0,054<br>(5,7)***    | 0,132<br>(13,4)***     | 0,054<br>(5,7)***      |
| Cumulatieve grondsnelheid                                               |                      |                      |                        |                        |
| × <i>voorroorlogs</i>                                                   | -0,011<br>(-2,6)***  | -0,010<br>(-2,6)***  | -0,009<br>(-2,7)***    | -0,008<br>(-2,5)***    |
| × <i>naoorlogs</i>                                                      | -0,003<br>(-0,8)***  | 0,004<br>(1,2)       | -0,0001<br>(0)         | 0,005<br>(1,9)*        |
| × <i>modern</i>                                                         | -0,048<br>(-7,6)***  | -0,007<br>(-1,1)     | -0,042<br>(-9,2)***    | -0,005<br>(-1,0)       |
| Toegekend budget voor schadeherstel van € 1000 of meer (dummyvariabele) |                      |                      |                        |                        |
| × <i>voorroorlogs</i>                                                   | 0,082<br>(6,2)***    | 0,090<br>(7,5)***    | 0,084<br>(6,3)***      | 0,091<br>(7,5)***      |
| × <i>naoorlogs</i>                                                      | 0,025<br>(3,1)***    | 0,038<br>(5,6)***    | 0,023<br>(2,9)**       | 0,037<br>(5,3)***      |
| × <i>modern</i>                                                         | -0,051<br>(-4,7)***  | 0,006<br>(0,6)       | -0,043<br>(-3,9)***    | 0,006<br>(0,7)         |
| Kwartaaldummy's                                                         | ja                   | ja                   | ja                     | ja                     |
| Huizenkenmerken                                                         | ja                   | ja                   | ja                     | ja                     |
| Locatiekenmerken                                                        | nee                  | ja                   | nee                    | ja                     |
| N                                                                       | 11.840               | 11.840               | 11.840                 | 11.840                 |
| R                                                                       | 0,49                 | 0,61                 | 0,49                   | 0,61                   |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

---

## 6.2 Schade in de omgeving

Naast mogelijke verschillen in het prijseffect tussen verschillende typen woningen is het denkbaar dat de fysieke schade als gevolg van bevingen in de (directe) omgeving een rol speelt. Schade in de omgeving zou kunnen leiden tot een additioneel en lokaal stigma-effect; als de fysieke schade in de omgeving groot is, kan dat bij potentiële kopers tot een lagere betalingsbereidheid leiden. Als nabij gelegen woningen (zichtbare) schade hebben gehad, kan de inschatting bij potentiële kopers zijn dat de kans op (schade door) bevingen ook groter is voor de woning waar hij of zij interesse in heeft. Hoewel de schade zelf volledig wordt vergoed of hersteld, zou het risico op het ongemak dat ermee gepaard gaat wel tot een lagere betalingsbereidheid kunnen leiden.

Om dit empirisch te testen is voor elke verkochte woning gekeken wat het totale toegekende schadebudget is geweest voor alle woningen in een straal van 200 meter rondom de woning in kwestie. Daarbij is zowel gekeken naar het effect van schade-intensiteit – het cumulatief schadebudget in de directe omgeving *per woning* tot moment van verkoop – als de absolute schadeomvang – het *cumulatief schadebudget* in de directe omgeving tot moment van verkoop.

### Schade-intensiteit

In tabel 6.17 staan de resultaten van de modelschattingen. In model 1 is de variabele voor schade-intensiteit opgenomen in een model inclusief de variabele voor ligging in de regio en de variabele die aangeeft of de verkochte woning in aanmerking kwam voor de Waardevermeerderings-regeling. In dit model is er een negatief effect van schade-intensiteit dat statistisch echter niet significant verschilt van nul. In model 2 en 4 wordt het cumulatief aantal bevingen met respectievelijk een grenswaarde van 2,9 en 5,0 mm/s als variabele toegevoegd. De coëfficiënt voor schade-intensiteit en de kans dat deze afwijkt van nul wordt daarbij (nog) kleiner. In model 3 en 5 zijn locatiemarkers toegevoegd. Daar wordt de coëfficiënt voor schade-intensiteit positief maar opnieuw niet statistisch afwijkend van nul. In tabel 6.18 is de cumulatieve grondsnelheid als indicator voor bevingen gebruikt. De resultaten voor de schade-intensiteit zijn vergelijkbaar met de modellen in tabel 6.17. Dit alles leidt tot de conclusie dat schade-intensiteit in de directe omgeving geen additioneel negatief effect heeft op de transactieprijs.



Tabel 6.17 Resultaten toevoegen aan bestaande modellen – bevingen 2,9 en 5 mm/s

| Afhankelijke<br>variabele: (log)<br>huizenprijzen per<br>vierkante meter         | 1                   | 2<br>(bevingen<br>2,9 mm/s) | 3<br>(bevingen<br>2,9 mm/s) | 4<br>(bevingen<br>5,0 mm/s) | 5<br>(bevingen<br>5,0 mm/s) |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                               |                     |                             |                             |                             |                             |
| Ligging in<br>risicogebied                                                       | -0,024<br>(-4,3)*** | -0,019<br>(-3,4)***         | -0,027<br>(-5,0)***         | -0,021<br>(-3,9)***         | -0,028<br>(-5,1)***         |
| Aantal bevingen                                                                  |                     | -0,009<br>(-6,8)***         | -0,003<br>(-2,2) **         | -0,015<br>(-6,4)***         | -0,006<br>(-2,7)***         |
| Schade-intensiteit<br>(budget/won in straal<br>200m)                             | -2,00E-09<br>(-1,1) | -4,61E-11<br>(-0,03)        | 2,24E-09<br>(1,2)           | -2,29E-10<br>(-0,1)         | 2,35E-09<br>(1,3)           |
| Toegekend budget<br>voor schadeherstel<br>van € 1000 of meer<br>(dummyvariabele) | 0,013<br>(2,1)**    | 0,024<br>(3,8)***           | 0,045<br>(7,9)***           | 0,022<br>(3,5)***           | 0,045<br>(8,0)***           |
| Kwartaaldummy's                                                                  | ja                  | ja                          | ja                          | ja                          | ja                          |
| Huizenkenmerken                                                                  | ja                  | ja                          | ja                          | ja                          | ja                          |
| Locatiekenmerken                                                                 | nee                 | nee                         | ja                          | nee                         | ja                          |
| N                                                                                | 11.840              | 11.840                      | 11.840                      | 11.840                      | 11.840                      |
| R                                                                                | 0,61                | 0,49                        | 0,61                        | 0,49                        | 0,61                        |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel 6.18 Resultaten schade-intensiteit toevoegen aan bestaande modellen – PGV 2,9 en 5 mm/s**

| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per<br>vierkante meter         | 1<br>(PGV 5<br>mm/s) | 2<br>(PGV 5<br>mm/s) | 3<br>(PGV 2,9<br>mm/s) | 4<br>(PGV 2,9<br>mm/s) |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                            |                      |                      |                        |                        |
| Ligging in risicogebied                                                       | -0,022<br>(-3,9)***  | -0,028<br>(-5,2)***  | -0,020<br>(-3,6)***    | -0,028<br>(-5,1)***    |
| PGV                                                                           | -0,012<br>(-4,4)***  | -0,005<br>(-1,9)*    | -0,01<br>(-5,0)***     | -0,003<br>(-1,5)       |
| Schade-intensiteit<br>(budget/won in straal<br>200m)                          | -9,49E-10<br>(-0,5)  | 2,08E-09<br>(1,1)    | -6,29E-10<br>(-0,4)    | 2,05E-09<br>(1,1)      |
| Toegekend budget voor<br>schadeherstel van € 1000<br>of meer (dummyvariabele) | 0,019<br>(3,0)***    | 0,044<br>(7,8)***    | 0,021<br>(3,3)***      | 0,044<br>(7,8)***      |
| Kwartaaldummy's                                                               | ja                   | ja                   | ja                     | ja                     |
| Huizenkenmerken                                                               | Ja                   | Ja                   | Ja                     | Ja                     |
| Locatiekenmerken                                                              | nee                  | ja                   | nee                    | ja                     |
| N                                                                             | 11.840               | 11.840               | 11.840                 | 11.840                 |
| R                                                                             | 0,49                 | 0,61                 | 0,49                   | 0,61                   |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

### Schadeomvang

In tabel 6.19 en 6.20 staan de resultaten van de modellen waarmee is getest of er een additioneel effect van (absolute) schadeomvang is. In model 1 in tabel 6.19 (zonder bevingengerelateerde indicatoren) is er een negatief significant effect. Dat effect blijft bestaan in de modellen met bevingengerelateerde indicatoren en zonder locatiekenmerken (model 2 en 4 in tabel 6.19 en model 1 en 3 in tabel 6.20), al wordt het wel iets kleiner en minder significant. In de modellen *met* locatiekenmerken wordt het effect van schadeomvang meer dan een factor tien kleiner en wijkt het niet meer significant af van nul (model 3 en 5 in tabel 6.19 en model 2 en 4 in tabel 6.20). Dit lijkt erop te duiden dat schadeomvang indirect vooral dichtheid van woningen meet en daarmee indirect ook bepaalde locatiekenmerken. Omdat – in tegenstelling tot de andere bevingengerelateerde indicatoren – er in de modellen met locatiekenmerken geen significant additioneel effect is, lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat woningen met relatief veel schade in de directe omgeving geen additioneel negatief effect op de prijs ervaren.

**Tabel 6.19 Resultaten toevoeging schade aan modellen – bevingen 2,9 en 5 mm/sec**

| Afhankelijke<br>variabele: (log)<br>huizenprijzen per<br>vierkante meter         | 1                      | 2<br>(bevingen<br>2,9 mm/s) | 3<br>(bevingen<br>2,9 mm/s) | 4<br>(bevingen<br>5,0 mm/s) | 5<br>(bevingen<br>5,0 mm/s) |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                               |                        |                             |                             |                             |                             |
| Ligging in<br>risicogebied                                                       | -0,022<br>(-4,0)***    | -0,017<br>(-3,1)***         | -0,027<br>(-4,8)***         | -0,020<br>(-3,6)***         | -0,027<br>(-4,9)***         |
| Aantal bevingen                                                                  |                        | -0,008<br>(-6,6)***         | -0,003<br>(-2,1)**          | -0,015<br>(-6,2)***         | -0,006<br>(-2,6)***         |
| Schadeomvang<br>(budget in straal<br>200m)                                       | -5,13E-11<br>(-2,7)*** | -3,62E-11<br>(-1,9)*        | -9,89E-13<br>(-0,1)         | -3,98E-11<br>(-2,1)**       | -7,62E-13<br>(-0,04)        |
| Toegekend budget<br>voor schadeherstel<br>van € 1000 of meer<br>(dummyvariabele) | 0,014<br>(2,3)***      | 0,025<br>(4,0)***           | 0,045<br>(8,0)***           | 0,024<br>(3,7)***           | 0,046<br>(8,1)***           |
| Kwartaaldummy's                                                                  | ja                     | ja                          | ja                          | ja                          | ja                          |
| Huizenkenmerken                                                                  | ja                     | ja                          | ja                          | ja                          | ja                          |
| Locatiekenmerken                                                                 | nee                    | nee                         | ja                          | nee                         | ja                          |
| N                                                                                | 11.840                 | 11.840                      | 11.840                      | 11.840                      | 11.840                      |
| R                                                                                | 0,61                   | 0,49                        | 0,61                        | 0,49                        | 0,61                        |

Coefficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

Tabel 6.20 Resultaten toevoeging schade aan modellen – PGV 2,9 en 5 mm/sec

| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per<br>vierkante meter         | 1<br>(PGV 5<br>mm/s)  | 2<br>(PGV 5<br>mm/s) | 3<br>(PGV 2,9<br>mm/s) | 4<br>(PGV 2,9<br>mm/s) |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                            |                       |                      |                        |                        |
| Ligging in risicogebied                                                       | -0,018<br>(-3,3)***   | -0,027<br>(-4,9)***  | -0,020<br>(-3,6)***    | -0,027<br>(-5,0)***    |
| PGV (2,9)                                                                     | -0,010<br>(-4,8)***   | -0,003<br>(-1,4)     | -0,011<br>(-4,4)***    | -0,004<br>(-1,7)***    |
| Schadeomvang (budget in<br>straal 200m)                                       | -4,25E-11<br>(-2,3)** | 2,74E-12<br>(-0,2)   | -4,58E-11<br>(-2,4)**  | -2,94E-12<br>(-0,2)    |
| Toegekend budget voor<br>schadeherstel van € 1000<br>of meer (dummyvariabele) | 0,022<br>(3,5)***     | 0,044<br>(7,9)***    | 0,021<br>(3,2)***      | 0,044<br>(7,9)***      |
| Kwartaaldummy's                                                               | ja                    | ja                   | ja                     | ja                     |
| Huizenkenmerken                                                               | ja                    | ja                   | ja                     | ja                     |
| Locatiekenmerken                                                              | nee                   | ja                   | nee                    | ja                     |
| N                                                                             | 11.840                | 11.840               | 11.840                 | 11.840                 |
| R                                                                             | 0,49                  | 0,61                 | 0,49                   | 0,61                   |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

## 7 Synthese

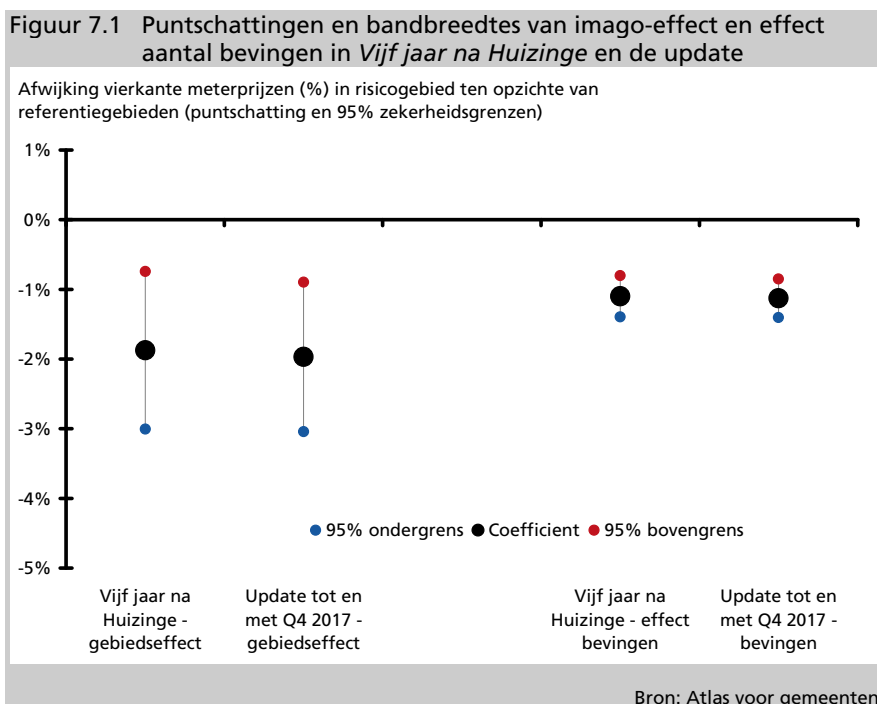
Dit hoofdstuk geeft een synthese van de verschillende resultaten uit dit rapport. Tabel 7.1 geeft een samenvattend beeld van de belangrijkste onderzoeksresultaten uit de hoofdstukken 3 tot en met 6 die de basis vormen voor de overige paragrafen in dit hoofdstuk. In de rest van dit hoofdstuk worden deze kort besproken, waarna de resultaten worden vertaald naar waardedaling in procenten en de variatie daarvan naar locatie, tijd en type woning. In de laatste paragraaf worden de consequenties van de resultaten voor de algemene uitgangspunten voor een generieke regeling beschreven.

**Tabel 7.1** Beknopt overzicht van de belangrijkste resultaten uit de hoofdstukken 3 tot en met 6

| Hoofdstuk | Onderwerp                                       | Conclusie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3         | Update <i>Vijf jaar na Huizinge</i>             | Update met twee kwartalen (t/m Q4 2017; +15% observaties) leidt op hoofdlijnen tot vergelijkbare resultaten                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4         | Actualisatie indicatoren voor bevingen          | Geactualiseerde formule (Bommer et al. 2017) is te prefereren boven oude formule (Dost et al. 2004) voor bepalen grondsnelheid<br><br>Gebruik drempelwaarde voor cumulatieve grondsnelheid is theoretisch en empirisch beter<br><br>Drempelwaarden van 2,9 en 5,0 mm/s voor bevingen en cumulatieve grondsnelheid zijn te prefereren boven 1,0 mm/s |
| 5         | Variatie door de tijd                           | De waardering van bevingsrisico's (imago-effect en aantal bevingen of cumulatieve grondsnelheid) varieert door de tijd                                                                                                                                                                                                                              |
| 6         | Variatie naar type woning en schade in omgeving | Bevingsschade in de directe omgeving van een woning heeft geen additioneel effect bovenop het effect van ligging in het risicogebied en bevingsindicatoren<br><br>Aanwijzingen dat de waardedaling sterker is bij vrijstaande woningen, 'luke' woningen, grote (>140m <sup>2</sup> ) woningen en oudere woningen                                    |

## 7.1 Update *Vijf jaar na Huizinge*

In hoofdstuk 3 zijn de resultaten van *Vijf jaar na Huizinge* geactualiseerd door twee kwartalen aan transacties toe te voegen, wat leidde tot 15% meer observaties. De belangrijkste modellen zijn vervolgens opnieuw geschat en vergeleken met de resultaten uit *Vijf jaar na Huizinge*. De conclusie is dat de update tot vergelijkbare resultaten leidt; het generieke (imago-)effect van ligging in het gebied (-2,0%) is vergelijkbaar met dat in de eerdere studie (-1,8%). Zie ook figuur 7.1. Bovendien is het additionele effect van het aantal bevingen boven een grondsnelheid van 5,0 mm/s hetzelfde: -1,1%.



Er is ook weer een positief effect gevonden voor woningen waaraan een schadebudget van € 1000 of meer is toegekend. Zoals in hoofdstuk 3 is beschreven, bood de NAM via de Tijdelijke Regeling Waardevermeerdering (WVM) vanaf 17 januari 2014 een subsidie van maximaal € 4000 aan eigenaren van woningen in het aardbevingsgebied met een bevingsschade van minimaal € 1000. Daarmee konden zij energiebesparende of -

opwekkende maatregelen financieren die de waarde van hun woning verhoogden, zoals bijvoorbeeld zonnepanelen. Dit is de meest aannemelijke verklaring voor het positieve effect voor woningen met een schadebudget vanaf € 1000. In euro's blijkt het positieve effect in de verschillende modellen inderdaad rond de € 4000 te schommelen. Het effect zou kunnen worden versterkt doordat eigenaren zelf ook investeren in aanvullende maatregelen als de totale kosten boven de € 4000 uitkomen. Ook kan meespelen dat bepaalde reeds bestaande gebreken in geval van toegekende bevingsschade volledig worden hersteld, waardoor woningen met herstelde schade per saldo gemiddeld in een iets betere staat zouden kunnen verkeren.

Het belangrijkste verschil betreft het model waarin wordt gekeken in hoeverre het regionale imago-effect verschilt door de tijd. In de geactualiseerde schatting is dat effect ook in de derde periode (vanaf juli 2016) significant negatief, terwijl het in *Vijf jaar na Huizinge* weliswaar negatief was maar niet statistisch significant afweek van nul. De reden dat het effect nu wel significant afwijkt van nul is waarschijnlijk de toename van het aantal observaties in deze periode. Hiermee wordt duidelijk wat de toegevoegde waarde van het werken met recente data is. Voor het gemiddelde effect over alle transacties in de sample die sinds de beving in Huizinge in het risicogebied plaatsvonden, heeft de update beperkte invloed (zie tabel 7.2).<sup>60</sup>

Er wordt in tabel 7.2 en in de rest van dit hoofdstuk zowel een netto als een bruto effect berekend. Het bruto effect is het (gemiddelde) effect van het imago-effect en het effect van bevingen. Hierbij is geen rekening gehouden met het positieve effect van toegekend schadebudget van €1000 of meer. Bij het netto effect is dat wel het geval. Voor een vergelijking van de resultaten van dit onderzoek met andere onderzoeken zou uit moeten worden gegaan van het netto effect, omdat andere onderzoeken naar waardedaling geen gegevens over schade op het niveau van individuele woningen meenemen en dus *netto* effecten vinden inclusief het positieve effect van een toegekend schadebudget van € 1000 of meer.

<sup>60</sup> Het effect dat hier wordt gepresenteerd heeft betrekking op een waardeverschil tussen woningen in het risicogebied en vergelijkbare woningen op (afgezien van de aardbevingsproblematiek) vergelijkbare referentielocaties. Op elk moment wordt er dus een verschil in het *prijsniveau* bepaald en niet een waardedaling sinds de beving bij Huizinge. De bevindingen staan dus los van de vraag of er voor de beving bij Huizinge al dan niet een effect was op de woningwaarden.

**Tabel 7.2 Gemiddelde prijseffect in procenten over alle transacties in risicogebied (gehele periode sinds 'Huizinge')**

|                                                       | <i>Vijf jaar na Huizinge</i><br>(tot en met Q2 2017) | Huidige onderzoek<br>(tot en met Q4 2017) |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Netto effect: inclusief effect toegekend schadebudget | -2,2%                                                | -2,3%                                     |
| Bruto effect: exclusief effect toegekend schadebudget | -2,9%                                                | -3,1%                                     |

## 7.2 Actualisatie bevingsindicatoren

In hoofdstuk 4 is de indicator voor bevingen geactualiseerd. Elke beving genereert een bepaalde grondsnelheid die afhangt van de zwaarte en verschilt tussen locaties. Vanaf een drempelwaarde van 1,0 mm/s is de grondsnelheid potentieel voelbaar voor mensen, vanaf 2,9 mm/s kan een beving schade veroorzaken aan gevoelige structuren en monumenten, en vanaf 5,0 mm/s kan schade ontstaan aan metselwerk. Omdat het onmogelijk is om op elke locatie de grondsnelheden te meten, worden deze berekend aan de hand van formules gebaseerd op geologisch onderzoek.

In *Vijf jaar na Huizinge* is daarbij gebruikgemaakt van de formule van Dost et al. uit 2004<sup>61</sup> en is een grenswaarde van 5 mm/s gehanteerd voor het aantal bevingen.<sup>62</sup> Voor de cumulatieve grondsnelheid is indertijd geen grenswaarde gehanteerd.<sup>63</sup> In hoofdstuk 4 is de gebruikte formule geactualiseerd door uit te gaan van een publicatie van Bommer et al. uit 2017, die zich baseert op meer en actuelere metingen van bevingen in Groningen door het KNMI. Met gebruikmaking van deze formule is het effect onderzocht van de drie hiervoor genoemde drempelwaarden: 5,0 mm/s, 2,9 mm/s en 1,0 mm/s.

De geactualiseerde indicatoren zijn inhoudelijk beter en daarom te prefereren. Econometrisch presteren ze gelijkwaardig aan de oude indicatoren. Het hanteren van een drempelwaarde voor het bepalen van de cumulatieve grondsnelheid is beter te verdedigen dan het meetellen van ook de kleinste grondsnelheden. Daarbij blijkt in de modellen een grenswaarde

<sup>61</sup> Deze formule is ook gebruikt in Koster & Van Ommeren (2015) en Durán & Elhorst (2018).

<sup>62</sup> Deze grenswaarde is ook gebruikt in Koster & Van Ommeren (2015).

<sup>63</sup> Net als in Durán & Elhorst (2018).



van 5,0 mm/s of 2,9 mm/s te prefereren boven een grenswaarde van 1,0 mm/s. Dat geldt voor zowel het cumulatief aantal bevingen als de cumulatieve grondsnelheid.

Tabel 7.3 vertaalt de modelresultaten van de vier basisvarianten – aantal bevingen en cumulatieve grondsnelheid bij een drempelwaarde van 2,9 en 5,0 mm/s – naar een gemiddeld bruto en netto effect over alle transacties. Dit gemiddelde effect verschilt weinig tussen de varianten, zowel als het gaat om het bruto als het netto effect (zonder en met het meenemen van het effect van toegekend schadebudget): bruto is het verschil gemiddeld maximaal 0,33% en netto maximaal 0,15%. Het grootste gemiddelde effect wordt gevonden in het model dat uitgaat van het *aantal bevingen* boven een drempelwaarde van 2,9 mm/s en het kleinste bij de *cumulatieve grondsnelheid* vanaf 5,0 mm/s.

**Tabel 7.3 Gemiddelde bruto en netto prijseffect in % over alle transacties in risicogebied (sinds 'Huizinge') in verschillende modellen**

|                                                                | Bruto effect<br>(exclusief effect<br>togekend<br>schadebudget) | Netto effect<br>(inclusief effect<br>togekend<br>schadebudget) |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Model met bevingen<br>grenswaarde 2,9 mm/s                     | -2,96%                                                         | -2,16%                                                         |
| Model met bevingen<br>grenswaarde 5,0 mm/s                     | -2,85%                                                         | -2,12%                                                         |
| Model met cumulatieve<br>grondsnelheid<br>grenswaarde 2,9 mm/s | -2,69%                                                         | -2,00%                                                         |
| Model met cumulatieve<br>grondsnelheid<br>grenswaarde 5,0 mm/s | -2,63%                                                         | -2,01%                                                         |

De verhouding tussen de vier modeluitkomsten verschilt echter tussen gemeenten. Tabel 7.4 en 7.5 laten dit zien. De gemeenten zijn aflopend gesorteerd op het gemiddelde effect in het eerste model. De waarden zijn berekend over alle transacties sinds 'Huizinge' in de sample. Het gemiddelde netto effect per gemeente (voor zover in het risicogebied) is (logischerwijs) wat lager dan het bruto effect, vooral in gemeenten waar relatief veel

schades boven de € 1000 zijn uitgekeerd. In Loppersum is het gemiddelde netto effect ongeveer anderhalf procentpunt kleiner. In gemeenten met minder schade-uitkeringen boven de € 1000 is het verschil tussen de twee tabellen veelal een halve procentpunt of minder. In figuur 7.2 en 7.3 zijn de gemiddelde bruto (exclusief het effect van schadebudget ) en netto (inclusief dat effect) effecten weergegeven.

De tabellen tonen de verschillen tussen de gemeenten (gemeente-indeling 2017), die samenhangen met verschillen in het aantal bevingen dan wel de cumulatieve grondsnelheid die ze hebben ondervonden. Duidelijk wordt dat het geschatte prijseffect in alle modellen voor Loppersum het grootst is, gevolgd door de gemeenten Appingedam, Eemsmond, Ten Boer en Bedum. Gemeenten als Oldambt en Menterwolde aan de randen van het risicogebied hebben – op de locaties die binnen het risicogebied vallen – het laagste gemiddelde prijseffect.

Tevens zijn er wat verschillen tussen de vier modelvarianten. Om dat te illustreren geeft de laatste kolom het verschil tussen de variant met de hoogste en laagste gemiddelde waardedaling. Zo wordt duidelijk dat voor bijvoorbeeld Appingedam het hoogste berekende gemiddelde effect -4,6% is (met het model met het aantal bevingen en een grens van 2,9 mm/s) en het laagste -2,8% (model met cumulatieve grondsnelheid met grenswaarde van 5,0 mm/s). Het verschil tussen de modelvarianten is daarmee 1,8%-punt en daarmee is Appingedam de gemeente met de grootste verschillen tussen de modellen. Ook voor Ten Boer, Loppersum, Eemsmond en Bedum zijn de verschillen groter dan één %-punt. Op hoofdlijnen blijkt dat de verschillen *tussen* de gemeenten het grootst zijn bij het gebruik van de drempelwaarde van 2,9 mm/s en uitgaande van het aantal bevingen. De verschillen zijn het kleinst bij de drempelwaarde van 5,0 mm/s en bij gebruik van cumulatieve grondsnelheid.

**Tabel 7.4 Gemiddelde bruto prijseffect in procenten per gemeente (deel in risicogebied\*) in verschillende modellen en maximaal verschil – exclusief effect schadebudget**

|                         | Model<br>aantal<br>bevingen<br>2,9 mm/s | Model<br>aantal<br>bevingen<br>5,0 mm/s | Model<br>grond-<br>snelheid<br>2,9 mm/s | Model<br>grond-<br>snelheid<br>5,0 mm/s | Verskil<br>hoogste &<br>laagste<br>variant |
|-------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|
| Loppersum               | -8,9%                                   | -8,8%                                   | -7,9%                                   | -7,3%                                   | -1,6%                                      |
| Appingedam              | -4,6%                                   | -3,5%                                   | -3,4%                                   | -2,8%                                   | -1,8%                                      |
| Eemsmond                | -4,5%                                   | -3,9%                                   | -3,7%                                   | -3,3%                                   | -1,3%                                      |
| Ten Boer                | -4,4%                                   | -3,4%                                   | -3,3%                                   | -2,7%                                   | -1,6%                                      |
| Bedum                   | -3,9%                                   | -3,5%                                   | -3,1%                                   | -2,8%                                   | -1,1%                                      |
| Slochteren              | -3,2%                                   | -3,2%                                   | -2,9%                                   | -2,8%                                   | -0,4%                                      |
| Winsum                  | -2,6%                                   | -2,2%                                   | -2,3%                                   | -2,2%                                   | -0,5%                                      |
| Groningen               | -2,1%                                   | -2,2%                                   | -2,1%                                   | -2,2%                                   | -0,1%                                      |
| Delfzijl                | -2,0%                                   | -2,2%                                   | -2,1%                                   | -2,2%                                   | -0,2%                                      |
| Hoogezand-<br>Sappemeer | -1,9%                                   | -2,2%                                   | -2,0%                                   | -2,2%                                   | -0,3%                                      |
| Menterwolde             | -1,9%                                   | -2,2%                                   | -2,0%                                   | -2,2%                                   | -0,3%                                      |
| Zuidhorn                | -1,9%                                   | -2,2%                                   | -2,0%                                   | -2,2%                                   | -0,3%                                      |
| De Marne                | -1,9%                                   | -2,2%                                   | -2,0%                                   | -2,2%                                   | -0,3%                                      |
| Oldambt                 | -1,9%                                   | -2,2%                                   | -2,0%                                   | -2,2%                                   | -0,3%                                      |

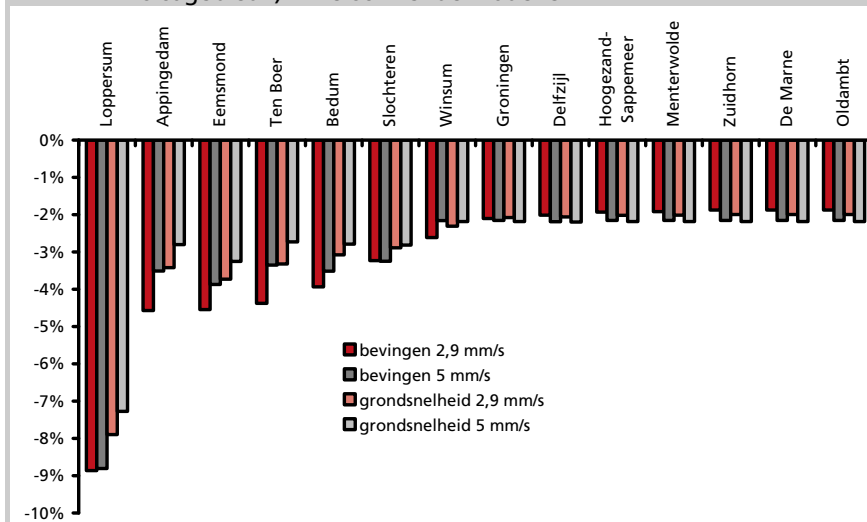
\*Alleen het deel van die gemeenten dat tot het risicogebied behoort (zie bijlage 1).

**Tabel 7.5 Gemiddelde netto prijseffect in procenten per gemeente (deel in risicogebied\*) in verschillende modellen en maximaal verschil – inclusief effect schadebudget**

|                         | Model<br>aantal<br>bevingen<br>2,9 mm/s | Model<br>aantal<br>bevingen<br>5,0 mm/s | Model<br>grond-<br>snelheid<br>2,9 mm/s | Model<br>grond-<br>snelheid<br>5,0 mm/s | Verskil<br>hoogste &<br>laagste<br>variant |
|-------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|
| Loppersum               | -7,1%                                   | -7,2%                                   | -6,4%                                   | -5,9%                                   | -1,3%                                      |
| Appingedam              | -3,5%                                   | -2,5%                                   | -2,5%                                   | -1,9%                                   | -1,5%                                      |
| Eemsmond                | -3,2%                                   | -2,7%                                   | -2,6%                                   | -2,2%                                   | -1,0%                                      |
| Ten Boer                | -2,9%                                   | -2,0%                                   | -2,0%                                   | -1,6%                                   | -1,3%                                      |
| Bedum                   | -2,8%                                   | -2,5%                                   | -2,1%                                   | -1,9%                                   | -0,9%                                      |
| Slochteren              | -1,9%                                   | -2,1%                                   | -1,8%                                   | -1,8%                                   | -0,3%                                      |
| Groningen               | -1,9%                                   | -1,9%                                   | -1,9%                                   | -2,0%                                   | -0,1%                                      |
| Menterwolde             | -1,7%                                   | -1,4%                                   | -1,8%                                   | -1,6%                                   | -0,4%                                      |
| Oldambt                 | -1,7%                                   | -2,0%                                   | -1,8%                                   | -2,0%                                   | -0,4%                                      |
| Hoogezand-<br>Sappemeer | -1,6%                                   | -1,4%                                   | -1,8%                                   | -1,5%                                   | -0,4%                                      |
| Zuidhorn                | -1,6%                                   | -1,9%                                   | -1,8%                                   | -2,0%                                   | -0,4%                                      |
| De Marne                | -1,6%                                   | -1,3%                                   | -1,7%                                   | -1,5%                                   | -0,4%                                      |
| Delfzijl                | -1,3%                                   | -1,1%                                   | -1,5%                                   | -1,3%                                   | -0,4%                                      |
| Winsum                  | -1,3%                                   | -1,6%                                   | -1,4%                                   | -1,5%                                   | -0,4%                                      |

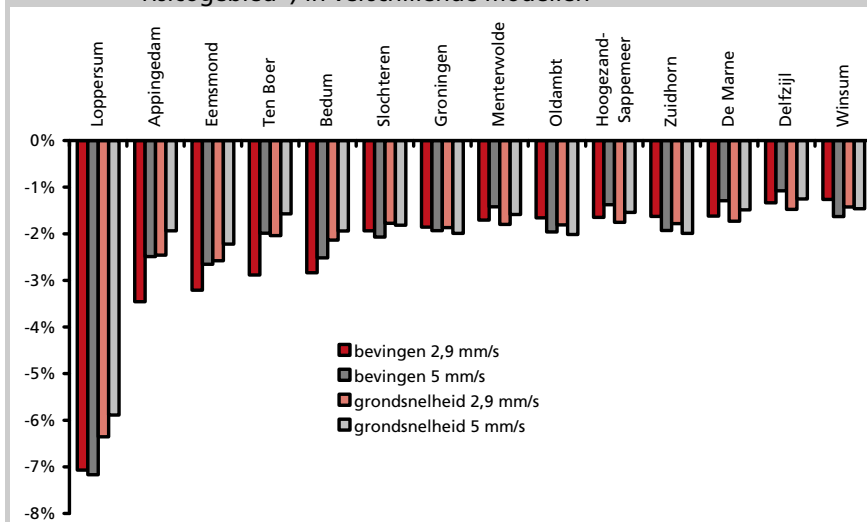
\*Alleen het deel van die gemeenten dat tot het risicogebied behoort (zie bijlage 1).

Figuur 7.2 Gemiddelde bruto prijseffect in % per gemeente (deel in risicogebied\*) in verschillende modellen



\*Alleen het deel van die gemeenten dat tot het risicogebied behoort (zie bijlage 1).

Figuur 7.3 Gemiddelde netto prijseffect in % per gemeente (deel in risicogebied\*) in verschillende modellen



\*Alleen het deel van die gemeenten dat tot het risicogebied behoort (zie bijlage 1).

Voor het mogelijk gebruik van deze resultaten in een generieke regeling betekent dit dat de keuze voor een bepaalde indicator en grenswaarde weinig verschil maakt voor de regio als geheel maar wat meer voor de verdeling binnen de regio. Econometrisch is geen duidelijke voorkeur uit te spreken voor één van de vier modelvarianten. Tegelijkertijd zijn de verschillen tussen de varianten niet dusdanig groot dat een keuze voor een bepaald model voor individuele woningeigenaren tot hele grote verschillen in de omvang van de te compenseren waardedaling leidt.

Als evenwel wordt uitgegaan van een grenswaarde waarbij schade aan monumentale en gevoelige structuren niet meer valt uit te sluiten, ligt een keuze voor  $2,9 \text{ mm/s}$  het meest voor de hand. Voorts is het theoretisch aansprekend om uit te gaan van de *cumulatieve grondsnelheid* vanaf die drempel, om rekenschap te geven van verschillen in het effect op een locatie van relatief lichte en zwaardere bevingen. Qua gemiddelde uitkomsten is dit een tussenvariant en deze variant figureert als basisvariant in veel rekenvoorbeelden en figuren in de rest van dit hoofdstuk. Op grond van de empirische resultaten in dit onderzoek is echter geen duidelijk keuze voor een van de varianten uit te spreken.

---

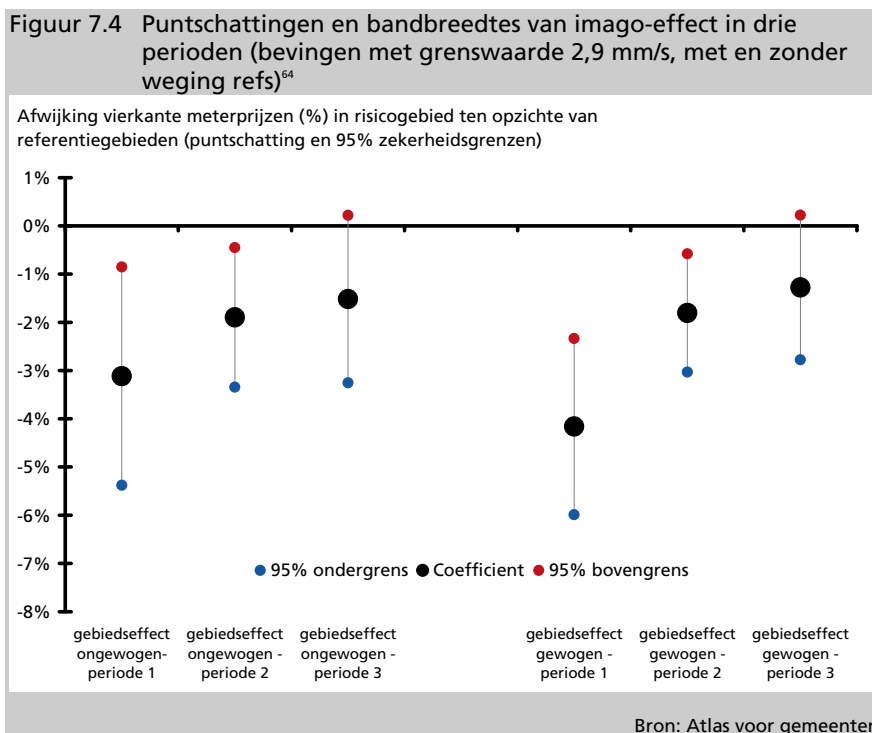
### 7.3 Variatie door de tijd

In hoofdstuk 5 zijn drie tijdvakken geselecteerd op basis van beleidswijzigingen die een andere waardering van het bevingrisico in de markt tot gevolg kunnen hebben:

- Periode 1: vanaf ‘Huiszinge’ t/m januari 2014 (begin Waarderegeling)
- Periode 2: vanaf februari 2014 t/m juni 2016 (nieuw Gasbesluit)
- Periode 3: vanaf juli 2016

Vervolgens is getest of de coëfficiënten voor ligging in het gebied en de bevingindicatoren verschillen tussen deze perioden. De belangrijkste conclusie is dat – ongeacht de bevingindicator en de drempelwaarde voor de grondsnelheid – er sterke aanwijzingen zijn dat het prijseffect van aardbevingen en aardbevingrisico varieert in de tijd. Het effect van ligging in het gebied (imago-effect) wordt kleiner door de tijd: in de meeste modellen is dat effect (gebaseerd op de puntschatting) in de derde periode bijna de helft van de waarde in de eerste periode (zie figuur 7.4 voor puntschattingen en bandbreedtes voor de modellen met cumulatieve

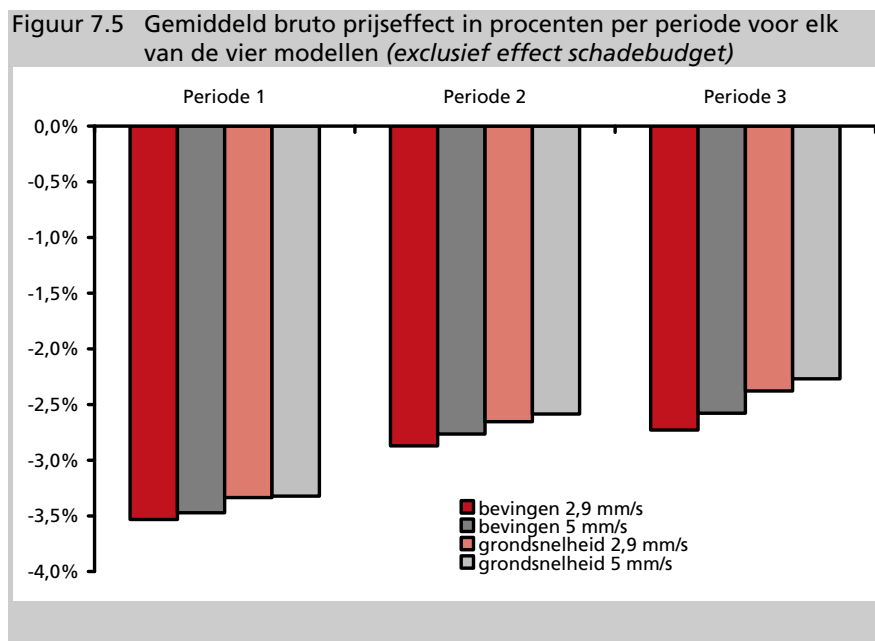
grondsnelheid vanaf 2,9 mm/s). Tegelijkertijd is er in de meeste modellen een lichte toename van het effect van de bevingindicator.



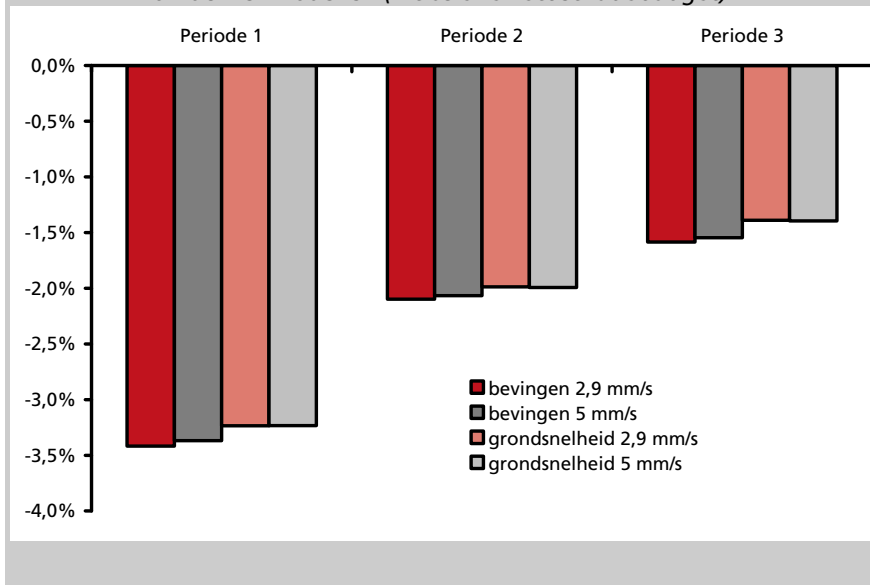
Op basis van deze resultaten is in figuur 7.5 het gemiddelde bruto effect in procenten per periode voor elk van de vier modellen berekend (op basis van de puntschattingen). Daaruit wordt duidelijk dat dit gemiddelde effect afneemt in de tijd, ondanks het feit dat er ook in de tweede en derde periode nieuwe aardbevingen boven de drempelwaarden zijn geweest. Daarnaast is te zien dat de verschillen tussen de vier modellen consistent zijn met tabel 7.3; het grootste gemiddelde effect bij aantal bevingen vanaf 2,9 mm/s en het kleinste effect bij cumulatieve grondsnelheid vanaf 5,0 mm/s. De verschillen tussen de modellen zijn echter veel kleiner dan de verschillen in de tijd. Het gemiddelde effect neemt af van 3,5% tot 3,3% in de eerste periode, via 2,9% tot 2,6% in de tweede periode, tot 2,7% tot 2,3% in de derde periode.

<sup>64</sup> Model 3 en 5 in tabel 5.1.

Figuur 7.6 laat op vergelijkbare wijze het gemiddelde netto effect per periode zien. De gemiddelde percentages zijn logischerwijs lager maar nemen ook relatief sterker af dan de bruto effect. Dit hangt samen met het feit dat het aandeel woningen dat een schadebudget van € 1000 toegekend heeft gekregen ook groter wordt door de tijd. In de eerste periode betreft dit relatief weinig woningen waardoor er een beperkt verschil bestaat tussen de bruto en netto effecten maar in de tweede en derde periode is het aandeel woningen met schadebudget veel groter waardoor ook het verschil tussen het bruto en netto effect groter wordt. Binnen het gebied nemen de verschillen tussen de plekken met meer en minder (of geen) bevingen toe door de tijd, zo laten tabel 7.6 en 7.7 zien voor het model met cumulatieve grondsnelheid vanaf 2,9 mm/s.



**Figuur 7.6** Gemiddeld netto prijseffect in procenten per periode voor elk van de vier modellen (*inclusief effect schadebudget*)



**Tabel 7.6** Inschatting van het gemiddelde bruto prijseffect per gemeente (deel in risicogebied\*) op basis van model met PGV (grenswaarde 2,9 mm/s) exclusief effect schadebudget

|             | PGV 2,9 mm/s -<br>periode 1 | PGV 2,9 mm/s -<br>periode 2 | PGV 2,9 mm/s -<br>periode 3 |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Loppersum   | -5,1%                       | -8,7%                       | -8,3%                       |
| Eemsmond    | -3,7%                       | -3,9%                       | -3,6%                       |
| Ten Boer    | -3,5%                       | -3,4%                       | -3,0%                       |
| Bedum       | -3,5%                       | -3,1%                       | -2,7%                       |
| Appingedam  | -3,4%                       | -3,6%                       | -3,3%                       |
| Slochteren  | -3,3%                       | -2,9%                       | -2,8%                       |
| Winsum      | -3,2%                       | -2,2%                       | -1,9%                       |
| Groningen   | -3,1%                       | -2,0%                       | -1,6%                       |
| Delfzijl    | -3,1%                       | -2,0%                       | -1,6%                       |
| Hoogezand-  |                             |                             |                             |
| Sappemeer   | -3,1%                       | -1,9%                       | -1,6%                       |
| Zuidhorn    | -3,1%                       | -1,9%                       | -1,5%                       |
| De Marne    | -3,1%                       | -1,9%                       | -1,5%                       |
| Oldambt     | -3,1%                       | -1,9%                       | -1,5%                       |
| Menterwolde | -3,1%                       | -1,9%                       | -1,5%                       |

\*Alleen het deel van die gemeenten dat tot het risicogebied behoort (zie bijlage 1).



**Tabel 7.7** Inschatting van het gemiddelde netto prijseffect per gemeente (deel in risicogebied\*) op basis van model met PGV (grenswaarde 2,9 mm/s) inclusief effect schadebudget

|             | PGV 2,9 mm/s -<br>periode 1 | PGV 2,9 mm/s -<br>periode 2 | PGV 2,9 mm/s -<br>periode 3 |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Loppersum   | -4,4%                       | -7,0%                       | -6,6%                       |
| Eemsmond    | -3,4%                       | -2,6%                       | -2,0%                       |
| Appingedam  | -3,3%                       | -2,6%                       | -2,0%                       |
| Bedum       | -3,3%                       | -2,1%                       | -1,5%                       |
| Ten Boer    | -3,3%                       | -2,1%                       | -1,4%                       |
| Winsum      | -3,2%                       | -1,4%                       | -0,7%                       |
| Slochteren  | -3,2%                       | -1,8%                       | -1,1%                       |
| Groningen   | -3,1%                       | -1,8%                       | -1,3%                       |
| Hoogezand-  |                             |                             |                             |
| Sappemeer   | -3,1%                       | -1,5%                       | -0,7%                       |
| Zuidhorn    | -3,1%                       | -1,6%                       | -1,3%                       |
| Oldambt     | -3,1%                       | -1,8%                       | -1,1%                       |
| Menterwolde | -3,1%                       | -1,5%                       | -1,0%                       |
| Delfzijl    | -3,1%                       | -1,2%                       | -0,5%                       |
| De Marne    | -3,0%                       | -1,3%                       | -0,8%                       |

\*Alleen het deel van die gemeenten dat tot het risicogebied behoort (zie bijlage 1).

## 7.4 Variatie naar typen woningen

In hoofdstuk 6 is gekeken of het gebiedseffect en het effect van bevingen varieert tussen typen woningen. De hypothese was dat het denkbaar is dat bepaalde kopers (bijvoorbeeld die van buiten het risicogebied) zowel een voorkeur voor bepaalde typen woningen kunnen hebben als een andere waardering van het (toekomstige) bevingrisico. Als dat het geval is, kan het zo zijn dat bepaalde typen woningen een sterker prijseffect kennen dan andere woningen.<sup>65</sup>

Op drie manieren is onderscheid gemaakt om deze hypothese te toetsen:

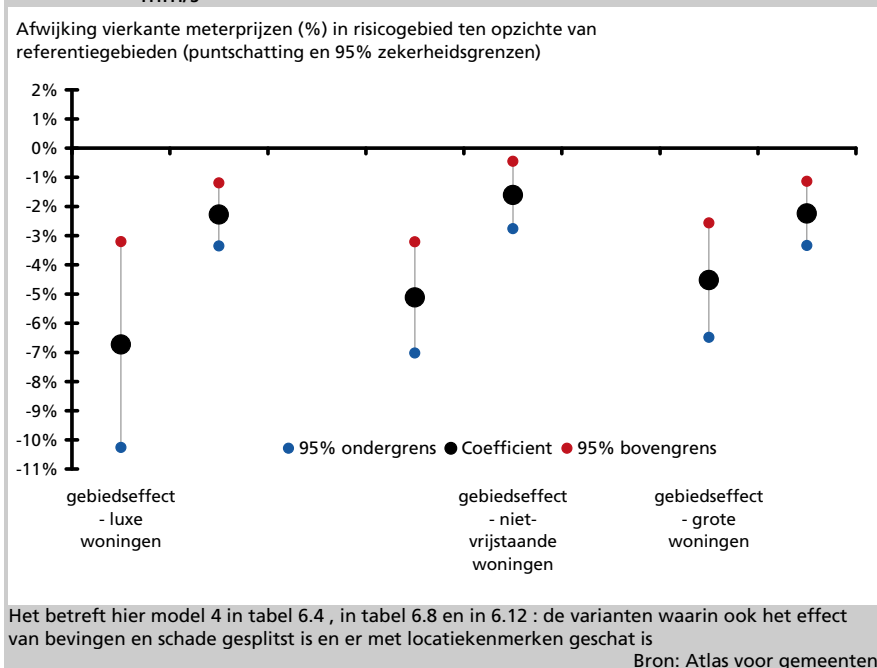
- vrijstaande versus niet-vrijstaande woningen;
- luxe woningen (landhuis, villa, herenhuis, grachtenpand en woonboerderij) versus niet-luxe woningen;
- grote (>140 m<sup>2</sup>) versus gemiddelde tot kleine woningen

In alle gevallen is er alleen gekeken naar verschillen in het hele tijdvak. Er zijn aanwijzingen dat het prijseffect varieert naar type woning; het effect lijkt

<sup>65</sup> Een gelijke procentuele waardedaling leidt in de praktijk uiteraard al wel tot verschillen in euro's tussen bijvoorbeeld woningen in het hogere segment en woningen in het lagere segment en tussen kleinere en grotere woningen.

sterker bij vrijstaande, luxe en grotere woningen (zie bijvoorbeeld figuur 7.7). Wel is de onzekerheidsmarge – vanwege de relatief kleine omvang van het aandeel luxe woningen (ongeveer 17%) – relatief groot bij luxe woningen. Dat is in mindere mate het geval bij het onderscheid tussen vrijstaande en niet-vrijstaande woningen, maar daar zijn de resultaten voor de bevingindicator voor niet-vrijstaande woningen in sommige modellen positief (maar niet statistisch afwijkend van nul). Dat maakt dat deze resultaten met de nodige voorzichtigheid moeten worden bekeken.

**Figuur 7.7** Puntchattingen en bandbreedtes van imago-effect in modellen met onderscheid naar type woning en cumulatieve PGV vanaf 2,9 mm/s



Op basis van de coëfficiënten voor ligging in het gebied en de bevingindicator kan een gemiddeld bruto effect per type woning worden berekend. Uit tabel 7.8 blijkt dan dat het bruto effect voor een gemiddelde vrijstaande woning, afhankelijk van het specifieke model, zich tussen -5,8% en -6,1% bevindt en voor een niet-vrijstaande woning tussen -1,2% en -1,3%. Het gemiddelde effect voor luxe woningen ligt tussen -7,3% en -8,2% en bedraagt voor niet-luxe woningen -2,4%. Voor grote woningen lag dit tussen -5,6% en -7,0% en voor woningen met een gemiddeld tot klein woonoppervlak tussen -2,2% en -2,8%.

**Tabel 7.8** Inschatting van het gemiddelde bruto prijseffect naar type woning voor de verschillende modellen<sup>66</sup> exclusief effect schadebudget

|                             | Vrijstaand versus niet-vrijstaand |                 | Luxe versus niet-luxe |           | Groot versus gemiddeld- klein |                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------|-------------------------------|-------------------|
|                             | Vrijstaand                        | Niet-vrijstaand | Luxe                  | Niet-luxe | Groot                         | Gemiddeld - klein |
| Model met bevingen 2,9 mm/s | -6,1%                             | -1,2%           | -8,2%                 | -2,4%     | -7,0%                         | -2,8%             |
| Model met bevingen 5,0 mm/s | -6,0%                             | -1,2%           | -7,8%                 | -2,4%     | -5,6%                         | -2,2%             |
| Model met pgv 2,9 mm/s      | -5,8%                             | -1,2%           | -7,5%                 | -2,4%     | -6,1%                         | -2,4%             |
| Model met pgv 5,0 mm/s      | -5,8%                             | -1,3%           | -7,3%                 | -2,4%     | -5,9%                         | -2,4%             |

Daarnaast zijn modellen geschat waarbij onderscheid is gemaakt naar drie bouwperiodes: vooroorlogs, 1945-1990 en 1990-heden. De belangrijkste conclusie is dat het (toekomstige) bevingsrisico een sterker prijseffect heeft op vooroorlogse woningen dan op woningen uit de twee andere perioden. Op basis van het model met de cumulatieve grondsnelheid vanaf grenswaarde 2,9 mm/s (model 4 uit tabel 6.11) zijn gemiddelde bruto prijseffecten voor deze drie bouwperiodes berekend. Daaruit volgt een gemiddeld effect voor vooroorlogse woningen van -8,4%, voor woningen uit de periode 1945-1990 van -3,9% en voor woningen gebouwd na 1990 +5,2%. Dat het effect voor woningen die gebouwd zijn na 1990 positief is, komt vooral door het positieve effect voor ligging in het gebied voor deze bouwperiode in het model. Dat zou inhoudelijk verklaard kunnen worden door een soort ‘waterbedeffect’ waarbij de (gepercipieerde) kans op fysieke schade kleiner is bij meer recent gebouwde woningen waardoor de vraag naar dergelijke woningen toeneemt ten koste van de vraag naar oudere woningen.

<sup>66</sup> Gebaseerd op de modellen inclusief locatiekenmerken in verband met correlaties tussen woningtype en locatiekenmerken.

## 7.5 Naar een generieke regeling

De modellen in dit onderzoek kunnen worden gebruikt om de waardedaling te schatten voor elke woning op *elk moment in de tijd* en *op elke locatie*. De waardedaling is opgebouwd uit een gebiedseffect en een negatief effect voor het aantal bevingen of de cumulatieve grondsnelheid boven de drempelwaarde tot aan het moment van verkoop of het moment van vaststelling van de waardedaling. Of een woning wel of niet in het (empirisch bepaalde) risicogebied ligt, is eenvoudig te bepalen aan de hand van de postcode van de woning. De waarde voor het aantal bevingen en de cumulatieve grondsnelheid is eveneens per postcode en voor elke gewenste dag te berekenen op basis van data van het KNMI en de in hoofdstuk 4 en bijlage 5 gepresenteerde formules. Deze informatie is bovendien eenvoudig te actualiseren wanneer zich een nieuwe beving voordoet.

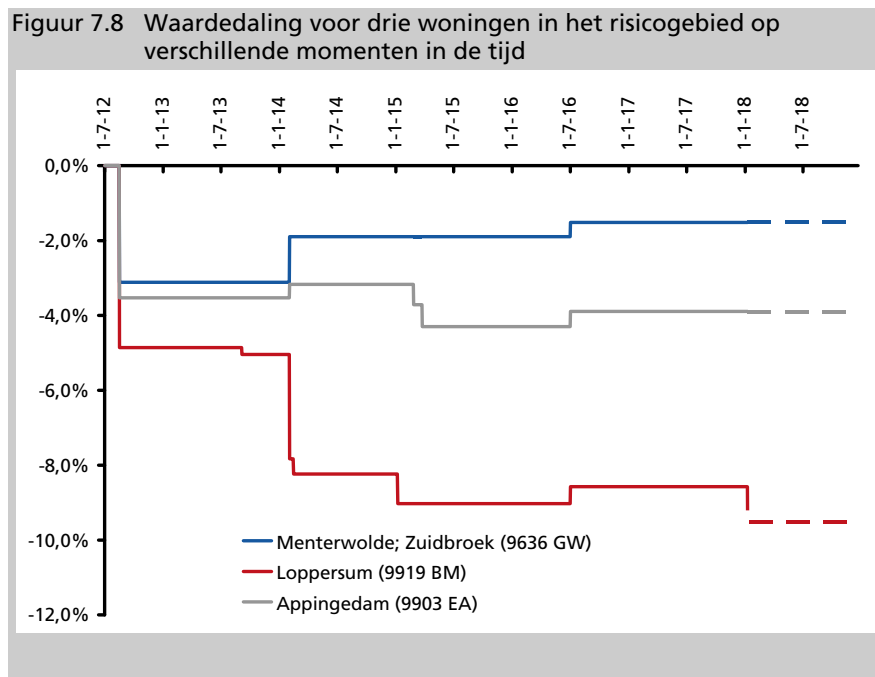
### Waardedaling voor drie woningen

Omdat de resultaten in hoofdstuk 5 laten zien dat er sterke aanwijzingen zijn voor variatie van het effect door de tijd, is het model op basis van de cumulatieve grondsnelheid vanaf een drempelwaarde van 2,9 mm/s geselecteerd om de waardedaling van drie woningen sinds 'Huizinge' ter illustratie te berekenen: één in Loppersum (postcode 9919 BM), één in Appingedam (postcode 9903 EA) en één in de (voormalige) gemeente Menterwolde, in Zuidbroek (postcode 9636 GW). In tabel 7.9 staan de coëfficiënten voor het gebiedseffect en de cumulatieve grondsnelheid weergegeven (identiek aan model 3 in tabel 5.4). Verondersteld wordt dat de drie voorbeeldwoningen geen uitkering hebben ontvangen in het kader van de Waardevermeerderingsregeling.

Tabel 7.9 Coëfficiënten per tijdvak

|                                                           | Periode 1<br>(16 augustus 2012<br>- januari 2014) | Periode 2<br>(februari 2014 -<br>juni 2016) | Periode 3<br>(juli 2016 -<br>december 2017) |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Gebiedseffect                                             | -3,1%                                             | -1,9%                                       | -1,5%                                       |
| Cumulatieve<br>grondsnelheid<br>(grenswaarde 2,9<br>mm/s) | -0,4%                                             | -1,1%                                       | -1,1%                                       |

Het effect is dan dus opgebouwd uit een gebiedseffect dat in drie stappen afneemt en een negatief effect voor de grondsnelheid van elke beving die op de plaats van de woning een grondsnelheid van ten minste 2,9 mm/s teweeg brengt. Dit effect per beving nam tussen het eerste en tweede tijdvak iets toe. In figuur 7.8 is de geschatte waardedaling voor de drie woningen weergegeven. Daarbij zijn de gegevens over bevingen gebruikt tot en met 20 december 2018 en is aangenomen dat de coëfficiënten geschat over de periode tot en met 31 december 2017 ook in de periode van 1 januari 2018 tot en met 20 december 2018 gelden. De plausibiliteit van die aanname wordt verderop besproken. Die extrapolatie van de modeluitkomsten is met een stippellijn in de figuur aangegeven.



De blauwe lijn geeft de ontwikkeling van de geschatte waardedaling voor de woning in Zuidbroek (voormalige gemeente Menterwolde) waar nooit een beving met een ondergrens van 2,9 mm/s of meer is geweest. Deze lijn volgt simpelweg de schattingen van het gebiedseffect uit tabel 7.9. De rode lijn geeft de ontwikkeling van de geschatte waardedaling van de woning in Loppersum waar voor 'Huizinge' al een aantal bevingen plaatsvond. Na

‘Huizinge’ vonden er nog drie bevingen boven de grens van 2,9 mm/s plaats op de locatie (met elk een andere grondsnelheid waardoor het effect ook verschillend is). De derde was de beving bij Zeerijp op 8 januari 2018. Het totaaleffect van ligging in het gebied en de bevingen is voor deze woning dan ook opgelopen in de tijd. De grijze lijn volgt de geschatte waardedaling van de woning in Appingedam. Na ‘Huizinge’ vonden er nog twee bevingen plaats boven de grens van 2,9 mm: de waardedaling van deze woning blijft ongeveer gelijk.

### **Meest actuele schatting als basis voor een generieke regeling**

In de praktijk zal een generieke regeling altijd kijken naar de *actuele schatting* van de waardedaling op een te bepalen peildatum. De ontwikkeling uit het verleden is daarvoor dus niet direct relevant. Ook de toekomstige ontwikkeling is in beginsel niet relevant: de *actuele schatting* van de waardedaling geeft volgens de logica van het model immers de beste indicatie van de verwachtingen van de markt op dat moment. Gunstigere en ongunstigere ontwikkelingen in de toekomst die de markt niet verwacht, kunnen de waardedaling uiteraard veranderen, maar het uitgangspunt is dat de *gemiddelde verwachting van de markt voor de toekomst* op elk moment in de gemiddelde marktprijs is verdisconteerd.

Voor een zo goed mogelijke inschatting van de actuele waardedaling moet daarom gebruik worden gemaakt van de coëfficiënten van de schattingen over de meest recente periode en de meest recente bevingsdata (idealiter beide tot en met waardepeilmoment). Dit onderzoek heeft laten zien dat deze verwachtingen over het risico en de waardering van de markt van deze risico's door de tijd veranderen (hoofdstuk 5). Dat betekent dat voor een adequate compensatie van de waardedaling een periodieke actualisatie van het achterliggende model noodzakelijk is. Als bij het bepalen van de waardedaling immers geen rekening zou worden gehouden met de in dit onderzoek geconstateerde afname van het generieke imago-effect en toename van het effect van bevingen, zou dat ertoe leiden dat woningeigenaren in de kern van het gebied met veel bevingen een te lage compensatie krijgen ten faveure van woningeigenaren aan de rand van het gebied die alleen of vooral te maken hebben met een negatief imago-effect. Dat impliceert dat het van belang is om het waardeverlies van woningen voor een generieke regeling te schatten op basis van data en modelschattingen over een zo recent mogelijke periode. Schattingen op basis van de eerste periode (tot en met januari 2014) leiden immers tot

andere waardedalingspercentages dan schattingen op basis van de meest recente periode (juli 2016 tot en met december 2017).

Het is relatief eenvoudig om op basis van de modelschattingen een (web)applicatie te maken die voor elke woning de meest actuele schatting berekent. Onder de veronderstelling dat de geschatte coëfficiënten over de periode vanaf juli 2016 (periode 3) gelijk zijn gebleven, kan op basis van KNMI-gegevens over geïnduceerde bevingen in principe op dagbasis een inschatting voor alle woningen in het risicogebied worden gemaakt. Dat de geschatte coëfficiënten vanaf 31 december 2017 ook gelden voor de periode vanaf 1 januari 2018 kan echter niet zomaar worden aangenomen.

Het is goed denkbaar dat het besluit op 29 maart 2018<sup>67</sup> om de gaswinning binnen enkele jaren tot onder de 12 miljard kubieke meter te verlagen en daarna af te bouwen naar nul van betekenis is geweest op de perceptie van de risico's, en het effect van ligging in het gebied en bevingen uit het verleden heeft beïnvloed. Daarmee zou dan een vierde periode kunnen zijn ingegaan, waarbinnen andere coëfficiënten worden gevonden. Op basis van de transacties tot en met eind 2018 of medio 2019 zou dat kunnen worden onderzocht.

Om in de uiteindelijke regeling van een percentage tot een bedrag in euro's te komen, moet er per woning een woningwaarde worden gebruikt. Voor de woningen die niet verkocht zijn, is er immers geen transactieprijs bekend. Het ligt voor de hand om daarbij uit te gaan van de WOZ-waarde. Deze waarde heeft als voordeel dat deze bekend is voor *alle* woningen en niet alleen de *verkochte* woningen. Daarnaast is de WOZ-waarde een erkend waardebegrip dat bij eigenaren bekend is en waar ze tegen in beroep hebben kunnen gaan. Onder de aanname dat het effect van bevingen en bevingsrisico in de WOZ-waarde is verdisconteerd is het eenvoudig om tot een bedrag in euro's te komen.<sup>68</sup> Daarbij zou nog gecorrigeerd kunnen worden voor de afwijking tussen WOZ-waarde en marktwaarde. Dat kan door de meest recente WOZ-waarde te vermenigvuldigen met een lokale of regionale prijsindex. Maar mogelijk ook door een relatief eenvoudig model te schatten waarin de transactieprijs wordt verklaard door WOZ-waarden en bijvoorbeeld gemeentedummy's zodat rekening kan worden

<sup>67</sup> Kamerbrief minister Wiebes van EZK, 29 maart 2018.

<sup>68</sup> Daarbij zou dan geen percentage van de WOZ-waarde moeten worden berekend, maar zou eerst de WOZ-waarde moeten worden berekend zonder effect van bevingen en bevingsrisico. Vervolgens is het verschil tussen deze twee als het waardeverschil in euro's te beschouwen.

gehouden met gemeentelijke verschillen tussen WOZ-waarde en marktwaarde.

### **Verdere verfijning naar type woning**

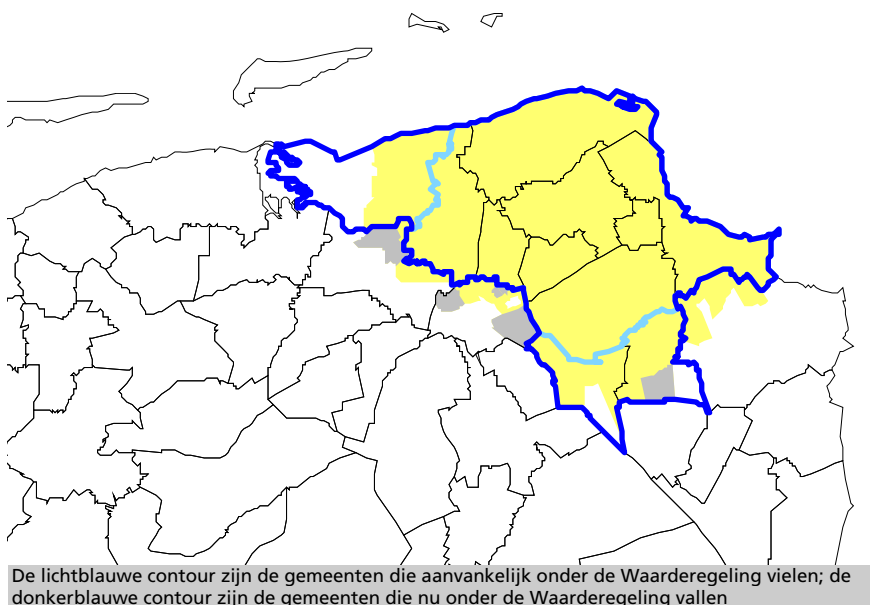
Een mogelijke verdere verfijning kan liggen in een onderscheid naar type woning omdat er aanwijzingen zijn dat de effecten verschillen tussen vrijstaande en niet-vrijstaande, luxe en niet-luxe, grote en gemiddelde tot kleine, en oudere en meer recent gebouwde woningen (hoofdstuk 6). De vraag is daarbij wel in hoeverre deze resultaten een voldoende basis vormen voor het maken van dit onderscheid in een generieke regeling. De meest consistente resultaten voor dit onderscheid worden gevonden in de modellen die differentiëren tussen luxe en niet-luxe woningen. Het nadeel van dat onderscheid is echter dat het enigszins subjectief is (gebaseerd op de categorisering van een verkoopmakelaar) en bovenal niet op basis van registratiebestanden te bepalen is. Er zal voor dat onderscheid dus altijd een makelaar, taxateur of iemand anders nodig zijn om per individuele woning te bepalen of een woning wel of niet tot de categorie luxe woning behoort. Dat geldt niet voor bouwperiode, woonoppervlakte of type woning, die via gegevens van de *Basisadministratie Gebouwen* (BAG) in principe voor de hele woningvoorraad in het gebied te achterhalen zijn. Deze resultaten lijken echter wat minder robuust te zijn dan de resultaten met het onderscheid luxe- en niet-luxe (zo zijn er positieve gebiedsdummy's gevonden zijn voor woningen gebouwd na 1990).



## Bijlage 1 Afbakening risicogebied

In dit onderzoek is hetzelfde risicogebied gehanteerd als in *Vijf jaar na Huizinge*. Daarin zijn alle 4-positie-postcodegebieden waar tenminste één keer aardbevingsgerelateerde schade is vastgesteld als potentieel risicogebied aangeduid.<sup>69</sup> Vervolgens is de vraag beantwoord of er een prijseffect is in het hele potentiële risicogebied of dat er een grens in het aandeel schadegevallen is aan te geven waar er geen negatief prijseffect meer is. In gebieden met 30% of meer geaccepteerde schadeclaims is een statistisch significant negatief prijseffect gevonden. Voor het gebied met tussen 20 en 30% schade is dat niet het geval, maar is een negatief prijseffect niet uit te sluiten. Voor de gebieden met minder dan 20% schade is een negatief prijseffect wel uit te sluiten. Er werd zelfs een *positief effect* gevonden, mogelijk als gevolg van een ‘waterbedeffect’. Om er zeker van te zijn dat het risicogebied niet te klein wordt gedefinieerd is uitgegaan van alle gebieden met een schadepercentage van meer dan 20%. Kaart B1.1 laat zien welk gebied dat is. Dat gebied bestaat uit 128 4-ppc-gebieden met in totaal ruim 92.000 woningen. In tabel B1.1 zijn die opgesomd.

**Kaart B1.1 Het risicogebied; het gebied waarbinnen een negatief prijseffect niet kan worden uitgesloten (grijs = onzeker)**



<sup>69</sup> Gebaseerd op schadedata tm Q3 2016 – wat verreweg het grootste deel van de schademeldingen tussen Huizinge en Q4 2017 betreft – zie bijlage 3.

| Tabel B1 Het gebied waarbinnen waardedaling als gevolg van aardbevingen niet uit te sluiten is; de 128 postcodegebieden |                                |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Postcode                                                                                                                | Naam                           | Aantal woningen |
| 9601                                                                                                                    | HOOGEZAND-VREDENBURGWEG        | 3.830           |
| 9602                                                                                                                    | HOOGEZAND-GORECHT WEST         | 5.648           |
| 9603                                                                                                                    | KALKWIJK                       | 1.319           |
| 9606                                                                                                                    | MEERWIJCK                      | 690             |
| 9607                                                                                                                    | FOXHOL                         | 454             |
| 9608                                                                                                                    | WESTERBROEK                    | 375             |
| 9609                                                                                                                    | WATERHUIZEN                    | 11              |
| 9611                                                                                                                    | SAPPEMEER                      | 3.646           |
| 9615                                                                                                                    | KOLHAM                         | 604             |
| 9616                                                                                                                    | SCHARMER                       | 307             |
| 9617                                                                                                                    | HARKSTEDE                      | 1.547           |
| 9618                                                                                                                    | SLOCHTEREN-KOLHAM              | 51              |
| 9619                                                                                                                    | FROOMBOSCH                     | 368             |
| 9621                                                                                                                    | 'S-GRAVENSCHANS EN RUITEN      | 992             |
| 9623                                                                                                                    | HARKSTEDE                      | 92              |
| 9624                                                                                                                    | LUDDWEER                       | 21              |
| 9625                                                                                                                    | OVERSCHILD                     | 232             |
| 9626                                                                                                                    | MEENTEWEG                      | 711             |
| 9627                                                                                                                    | HELLUM                         | 235             |
| 9628                                                                                                                    | SIDDEBUREN                     | 1.462           |
| 9629                                                                                                                    | STEENDAM                       | 140             |
| 9632                                                                                                                    | BORGERCOMPAGNIEWEG             | 37              |
| 9633                                                                                                                    | TRIPSCOMPAGNIE                 | 47              |
| 9635                                                                                                                    | NOORDBROEK                     | 900             |
| 9636                                                                                                                    | HEILIGELAAN                    | 1.653           |
| 9649                                                                                                                    | MUNTENDAM (MET OUDE VERLAAT)   | 2.156           |
| 9723                                                                                                                    | EUVELGUNNE                     | 2.083           |
| 9731                                                                                                                    | ULGERSMABUURT                  | 3.192           |
| 9734                                                                                                                    | RUISCHERBRUG                   | 1.189           |
| 9735                                                                                                                    | BOVENSTREEK                    | 87              |
| 9736                                                                                                                    | BEIJUM-OOST                    | 3.091           |
| 9737                                                                                                                    | BEIJUM-WEST                    | 3.010           |
| 9738                                                                                                                    | KONINGSLAAGTE                  | 165             |
| 9746                                                                                                                    | LEEGKERK                       | 2.182           |
| 9747                                                                                                                    | UNIVERSITEITSCOMPLEX GRONINGEN | 6               |
| 9771                                                                                                                    | SAUWERD                        | 489             |
| 9773                                                                                                                    | WETSINGE                       | 48              |
| 9774                                                                                                                    | ADORP                          | 286             |
| 9781                                                                                                                    | BEDUM                          | 3.853           |
| 9784                                                                                                                    | NOORDWOLDE                     | 106             |
| 9785                                                                                                                    | ZUIDWOLDE                      | 435             |
| 9791                                                                                                                    | TEN BOER                       | 1.865           |
| 9792                                                                                                                    | TEN POST                       | 386             |
| 9793                                                                                                                    | WINNEWEER                      | 52              |
| 9794                                                                                                                    | LELLENS                        | 33              |
| 9795                                                                                                                    | WOLTERSUM                      | 163             |

|      |                           |       |
|------|---------------------------|-------|
| 9796 | SINT-ANNEN                | 80    |
| 9797 | THESINGE                  | 230   |
| 9798 | GARMERWOLDE               | 228   |
| 9833 | DEN HAM                   | 103   |
| 9883 | OLDEHOVE                  | 636   |
| 9886 | SAAKSUM                   | 51    |
| 9891 | EZINGE                    | 404   |
| 9892 | FEERWERD                  | 144   |
| 9893 | GARNWERD                  | 205   |
| 9901 | APPINGEDAM-CENTRUM        | 2.428 |
| 9902 | APPINGEDAM-OOST           | 2.888 |
| 9903 | DAMSTERDIEP EN EEMSKANAAL | 831   |
| 9904 | KREWERD                   | 57    |
| 9905 | HOLWIERDE                 | 493   |
| 9906 | BIERUM                    | 351   |
| 9907 | LOSDORP                   | 85    |
| 9908 | GODLINZE                  | 154   |
| 9909 | SPIJK                     | 624   |
| 9911 | OOSTERWIJTWERD            | 91    |
| 9912 | LEERMENS                  | 119   |
| 9913 | EENUM                     | 57    |
| 9914 | ZEERIJP                   | 220   |
| 9915 | 'T ZANDT                  | 367   |
| 9917 | WIRDUMERDRAAI             | 246   |
| 9918 | GARRELSWEER               | 270   |
| 9919 | LOPPERSUM                 | 1.219 |
| 9921 | STEDUM                    | 473   |
| 9922 | WESTEREMDEN               | 184   |
| 9923 | GARSTHUIZEN               | 98    |
| 9924 | GARSTHUIZEN               | 10    |
| 9925 | LANDELIJK GEBIED          | 7     |
| 9931 | UITWIERDE                 | 886   |
| 9932 | TUIKWERD                  | 1.833 |
| 9933 | DELFIJL NOORD             | 2.200 |
| 9934 | DELFIJL WEST              | 2.868 |
| 9936 | DELFIJL INDUSTRIETERREIN  | 856   |
| 9937 | MEEDHUIZEN                | 263   |
| 9939 | TJUCHEM                   | 128   |
| 9942 | 'T WAAR                   | 60    |
| 9943 | NIEUW-SCHEEMDA            | 167   |
| 9944 | NIEUWOLDA                 | 663   |
| 9945 | WAGENBORG                 | 866   |
| 9946 | WOLDENDORP                | 450   |
| 9947 | LANDELIJK GEBIED          | 188   |
| 9948 | TERMUNTEN                 | 176   |
| 9949 | BORGSWEEER                | 72    |
| 9951 | WINSUM                    | 3.231 |
| 9953 | BAFLO                     | 900   |
| 9954 | TINALLINGE                | 43    |
| 9955 | RASQUERT                  | 99    |
| 9956 | DEN ANDEL                 | 233   |
| 9957 | SAAXUMHUIZEN              | 24    |

|      |                       |       |
|------|-----------------------|-------|
| 9959 | ONDERDENDAM           | 284   |
| 9961 | MENSINGEWEER          | 92    |
| 9962 | SCHOUWERZIJL          | 52    |
| 9963 | WARFHUIZEN            | 137   |
| 9964 | WEHE - DEN HOORN-OOST | 381   |
| 9965 | LEENS                 | 853   |
| 9966 | ZUURDIJK              | 84    |
| 9967 | EENRUM                | 719   |
| 9968 | PIETERBUREN           | 222   |
| 9969 | WESTERNIELAND         | 147   |
| 9977 | KLOOSTERBUREN         | 646   |
| 9979 | EEMSHAVENGEBIED       | 7     |
| 9981 | UITHUIZEN             | 2.889 |
| 9982 | UITHUIZERMEEDEN       | 1.494 |
| 9983 | HOOILANDSEWEG         | 529   |
| 9984 | OUDE SCHIP            | 118   |
| 9985 | OOSTERNIELAND         | 52    |
| 9986 | OLDENZIJL             | 47    |
| 9987 | ZIJLDIJK              | 109   |
| 9988 | USQUERT               | 702   |
| 9989 | WARFFUM               | 1.093 |
| 9991 | MIDDELSTUM            | 1.122 |
| 9992 | HUIZINGE              | 65    |
| 9993 | WESTERWIJTWERD        | 53    |
| 9994 | TOORNWERD             | 30    |
| 9995 | KANTENS               | 300   |
| 9996 | EPPENHUIZEN           | 35    |
| 9997 | ZANDEWEER             | 265   |
| 9998 | ROTTUM                | 75    |
| 9999 | SITSWERD              | 48    |

## Bijlage 2 Selectie referentiewoningen

Voor de selectie van de referentiewoningen zijn locatiekenmerken gebruikt op het 6-positie-postcodeniveau (6-ppc, dus 1234 AB),<sup>70</sup> waardoor rekening kon worden gehouden met de kwaliteit van de directe omgeving van de woningen. De voor de selectie van referentiewoningen gebruikte indicatoren hebben betrekking op de bereikbaarheid en nabijheid van werkgelegenheid, voorzieningen, de leefbaarheid in de directe woonomgeving, de nabijheid van groen en water, het uitzicht op parken, vuilstortplaatsen, et cetera.

De gebruikte indicatoren komen uit de database van Atlas voor gemeenten en de uiteindelijke selectie is gebaseerd op onderzoek naar de waarde van woonlocaties in Nederland. In dat onderzoek zijn hedonische prijsmodellen gebruikt waarmee de waarde van woonlocaties wordt verklaard uit indicatoren voor de nabijheid van werk, *amenities* (voorzieningen die de waarde van woonlocaties verhogen, zoals winkels en culturele voorzieningen) en *disamenities* (factoren die de waarde van woonlocaties verlagen, zoals overlast en onveiligheid). Onderstaande tabel laat de resultaten zien waarbij de indicatoren zijn geordend vijf categorieën.

Met behulp van de coëfficiënten uit die hedonische prijsanalyse is een locatiescore van de locaties van alle verkochte woningen in het risicogebied bepaald.<sup>71</sup> Deze locatiescore is een per 6-positie-postcodegebied gewogen gemiddelde van de locatiekenmerken, waarbij de weging is bepaald door de coëfficiënten uit de tabel. Voor elke verkochte woning in het risicogebied wordt op deze wijze een locatiescore berekend die te interpreteren is als de op basis van locatiekenmerken modelmatig bepaalde waarde van een locatie.

Vervolgens wordt in de rest van Nederland (d.w.z. alle 6-positie-postcodegebieden waar nooit een compensatie voor aardbevingsschade is toegekend) een verkochte woning (die in de NVM-database zit en na 'Huizinge' is verkocht) gezocht die de best vergelijkbare locatiescore heeft. Per verkochte woning in het risicogebied wordt feitelijk een woning gezocht

<sup>70</sup> Dat zijn relatief kleine geografische gebieden, met gemiddeld ongeveer twintig woningen. In totaal zijn er in Nederland meer dan vierhonderdduizend van die gebieden. Het 4-positie-postcodeniveau (4-ppc) dat ook vaak voor dit type onderzoek wordt gebruikt is gemiddeld ongeveer een factor honderd groter, en bevat gemiddeld ongeveer tweeduizend woningen.

<sup>71</sup> De hedonische prijsanalyse waarmee is bepaald welke locatiekenmerken in welke mate bijdragen aan de waarde van (de grond onder) de woningen is bewust uitgevoerd met gegevens over 2011, voor 'Huizinge' dus. Daarmee wordt voorkomen dat aardbevingen en het aardbevingsrisico een rol spelen bij de selectie van referentielocaties, en zo het onderzoeksresultaat zouden kunnen beïnvloeden.

die qua gewogen locatiekenmerken – met uitzondering van bevingen en bevingsrisico – het best vergelijkbaar is, zodat de kans wordt geminimaliseerd dat het gevonden prijseffect niet door die bevingen komt.

Omdat de locatiescore een optelling is van negatieve en positieve factoren kan het zo zijn dat een locatie in landelijk gebied in Oost-Groningen wordt vergeleken met bijvoorbeeld een woning in het centrum van Venlo. De locatie in Groningen heeft bijvoorbeeld weinig criminaliteit en veel natuur maar ook weinig werk en voorzieningen terwijl de locatie in Venlo veel criminaliteit en weinig groen maar wel veel banen en voorzieningen heeft. Uit reviews van eerdere versies van de modellen bleek dat dat weliswaar statistisch juist maar (visueel) lastig herkenbaar en dus moeilijk uitlegbaar gevonden wordt. Daarom is een aanvullende restrictie op de maximale afwijking op de categorieën veiligheid en voorzieningen opgelegd, zodat de uitkomst beter herkenbaar en uitlegbaar is. Onder die restrictie wordt de locatie geselecteerd met de kleinste absolute afwijking in de locatiescore. Er is uitvoering getest op de statistische consequenties hiervan, en e.e.a. bleek nauwelijks gevolgen te hebben voor de (hoge) matchingpercentages van de locatiescores. Ook zijn in eerdere studies verschillende robuustheidsanalyses uitgevoerd met steeds net andere manieren van matching, en die bleken steeds vergelijkbare uitkomsten (prijseffecten) op te leveren.

**Tabel B2 1**      **Geschatte coëfficiënten, standaardfouten en T-waarden voor de locatiekenmerken**

| <b>Indicator</b>                                         | <b>Coëfficiënt</b> | <b>Standaard-fout</b> | <b>T-waarde</b> |
|----------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------|
| UITZICHT (DIRECTE OMGEVING)                              |                    |                       |                 |
| Oppervlakte bebouwd (6-ppc)                              | -15,11             | 0,98                  | -15,4***        |
| Dichtheid (6-ppc)                                        | -121,98            | 11,11                 | -11***          |
| % gebouwen niet-woningen (6-ppc)                         | -46,28             | 6,34                  | -7,3***         |
| % huisjesstad (in ring 200m rond 6-ppc)                  | 30,23              | 25,2                  | 1,2             |
| % ingenieursstad (in ring 200m rond 6-ppc)               | 344,86             | 33,15                 | 10,4***         |
| % stratenbouw (in ring 200m rond 6-ppc)                  | 179,34             | 18,08                 | 9,9***          |
| % revolutiebouw 1 (in ring 200m rond 6-ppc)              | 308,49             | 13,28                 | 23,2***         |
| % revolutiebouw 2 (in ring 200m rond 6-ppc)              | 59,26              | 7,83                  | 7,6***          |
| % tuindorpen (in ring 200m rond 6-ppc)                   | 147,23             | 8,48                  | 17,4***         |
| % blokkenbouw (in ring 200m rond 6-ppc)                  | 66,82              | 6,92                  | 9,7***          |
| % Zeilenbau (in ring 200m rond 6-ppc)                    | -179,88            | 9,17                  | -19,6***        |
| % tuinstad (in ring 200m rond 6-ppc)                     | 34,81              | 6,25                  | 5,6***          |
| % woonerven (in ring 200m rond 6-ppc)                    | -63,56             | 4,75                  | -13,4***        |
| % stadsvernieuwing (in ring 200m rond 6-ppc)             | -61,78             | 4,57                  | -13,5***        |
| % VINEX (in ring 200m rond 6-ppc)                        | -89,25             | 5,2                   | -17,2***        |
| % postmodern (in ring 200m rond 6-ppc)                   | -6,91              | 3,21                  | -2,2**          |
| Ligging aan spoor                                        | -155,91            | 14,14                 | -11***          |
| Ligging aan wegen                                        | -15,33             | 2,16                  | -7,1***         |
| Ligging aan vliegveld                                    | 138                | 303,53                | 0,5             |
| Ligging aan woonterrein                                  | -66,82             | 4,13                  | -16,2***        |
| Ligging aan terrein voor detailhandel en horeca          | 76,25              | 4,66                  | 16,4***         |
| Ligging aan terrein openbare voorzieningen               | 129,7              | 14,82                 | 8,8***          |
| Ligging aan terrein voor sociaal-culturele voorzieningen | 144,92             | 5,9                   | 24,6***         |
| Ligging aan bedrijventerrein                             | -67,55             | 5,7                   | -11,8***        |
| Ligging aan stortplaats                                  | 26,86              | 163,96                | 0,2             |
| Ligging aan wrakkenopslagplaats                          | -135,27            | 83,31                 | -1,6*           |
| Ligging aan begraafplaats                                | -75,67             | 12,01                 | -6,3***         |
| Ligging aan delfstofwinplaats                            | 142,1              | 179,59                | 0,8             |
| Ligging aan bouwterrein                                  | -87,93             | 9,97                  | -8,8***         |
| Ligging aan semi-verhard overig terrein                  | 223,15             | 35,52                 | 6,3***          |
| Ligging aan park en plantsoen                            | 61,95              | 4,13                  | 15***           |
| Ligging aan sportterrein                                 | 28,41              | 7,84                  | 3,6***          |
| Ligging aan volkstuin                                    | -38,44             | 21,14                 | -1,8*           |
| Ligging aan dagrecreatief terrein                        | 349,65             | 25,27                 | 13,8***         |
| Ligging aan verblijfsrecreatief terrein                  | 66,71              | 15,42                 | 4,3***          |
| Ligging aan terrein voor glastuinbouw                    | -240,37            | 17,04                 | -14,1***        |
| Ligging aan agrarisch terrein                            | -143,2             | 4,15                  | -34,5***        |

**Tabel B2.1** Geschatte coëfficiënten, standaardfouten en T-waarden voor de locatiekenmerken - II

| <b>Indicator</b>                                                                    | <b>Coëfficiënt</b> | <b>Standaard-fout</b> | <b>T-waarde</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------|
| Ligging aan bos                                                                     | 306,94             | 9,46                  | 32,4***         |
| Ligging aan open droog natuurlijk terrein                                           | 596,22             | 31,96                 | 18,7***         |
| Ligging aan open nat natuurlijk terrein                                             | 171,84             | 39,42                 | 4,4***          |
| Ligging aan IJsselmeer/Markermeer                                                   | 502                | 83,91                 | 6***            |
| Ligging aan afgesloten zeearm                                                       | 1310,31            | 254,08                | 5,2***          |
| Ligging aan Rijn of Maas                                                            | 134,02             | 53,21                 | 2,5**           |
| Ligging aan randmeer                                                                | 944,82             | 267,71                | 3,5***          |
| Ligging aan recreatief binnenwater                                                  | 210,23             | 19,59                 | 10,7***         |
| Ligging aan binnenwater voor delfstoffenwinning                                     | -301,19            | 242,21                | -1,2            |
| Ligging aan overig binnenwater                                                      | 154,15             | 4,45                  | 34,6***         |
| Ligging aan overig binnenwater                                                      | 364,38             | 465,11                | 0,8***          |
| Ligging aan de Waddenzee, Eems of Dollard                                           | -289,92            | 328,15                | -0,9            |
| Ligging aan de Noordzeekust                                                         | 2746,11            | 567,88                | 4,8***          |
| Ligging aan de landsgrens                                                           | 143,83             | 106,42                | 1,4             |
| Aantal iconen van de moderne architectuur (in 6-ppc)                                | 24,12              | 2,23                  | 10,8***         |
| Aantal iconen van de moderne architectuur (niet woningen, (in ring 200m rond 6-ppc) | 131,55             | 4,83                  | 27,3***         |
| <b>NATUUR</b>                                                                       |                    |                       |                 |
| Aandeel bos in wijk                                                                 | 182,72             | 9,74                  | 18,8***         |
| Aandeel droog natuurlijk terrein in wijk                                            | 472,25             | 14,81                 | 31,9***         |
| Aandeel agrarisch terrein in wijk                                                   | -101,15            | 4,16                  | -24,3***        |
| Vogeldiversiteit (kwaliteit natuur in wijk)                                         | 3,4                | 0,1                   | 35,2***         |
| Aandeel park en plantsoen in wijk                                                   | 186,56             | 6,18                  | 30,2***         |
| Kwaliteit groen in de wijk (stadsvogels)                                            | 112,83             | 1,57                  | 71,8***         |
| Ligging wijk aan Noordzeekust                                                       | 74,43              | 7,95                  | 9,4***          |
| Ligging wijk aan Waddenzeekust                                                      | -60,29             | 12,76                 | -4,7***         |
| Aandeel recreatief binnenwater in wijk                                              | 100,14             | 11,92                 | 8,4***          |
| Aandeel overig binnenwater in wijk                                                  | 5,16               | 20,41                 | 0,3             |
| Kwaliteit water in de wijk (watervogels)                                            | -39,09             | 2,92                  | -13,4***        |
| Nabijheid bos                                                                       | 0,02               | 0                     | 29,2***         |
| Nabijheid Noordzeekust                                                              | -0,16              | 0                     | -49,6***        |
| Nabijheid agrarisch terrein                                                         | 0,01               | 0                     | 11,7***         |
| Nabijheid tuinbouw (bollen en fruit)                                                | -0,02              | 0                     | -6,9***         |
| Nabijheid akkerbouw                                                                 | -0,01              | 0                     | -19,4***        |
| Nabijheid grasland                                                                  | -0,02              | 0                     | -28,4***        |
| Nabijheid kwaliteitsgroen (weidewogels)                                             | 0,003              | 0                     | 8,2***          |
| Nabijheid Noordzeekust                                                              | 390,83             | 7,02                  | 55,7***         |
| Nabijheid Waddenzeekust                                                             | -124,36            | 12,76                 | -9,7***         |
| Nabijheid tot grote rivier                                                          | 0,46               | 0,05                  | 8,5***          |
| Nabijheid groot binnenwater                                                         | 158,19             | 3,96                  | 40***           |
| Nabijheid recreatief binnenwater                                                    | 0,0045             | 0,0031                | 1,5             |
| Nabijheid overig binnenwater                                                        | -0,09              | 0                     | -31,9***        |
| Overstromingsrisico                                                                 | -29,62             | 1,87                  | -15,8***        |
| Ligging ten opzichte van nap                                                        | 1,36               | 0,06                  | 23,4***         |



Tabel B2.1 Geschatte coëfficiënten, standaardfouten en T-waarden voor de locatiekenmerken - III

| Indicator                                                    | Coëfficiënt | Standaard-fout | T-waarde |
|--------------------------------------------------------------|-------------|----------------|----------|
| <b>WERK</b>                                                  |             |                |          |
| Bereikbaarheid werk auto (4-ppc)                             | 2,05        | 0,05           | 42,1***  |
| Bereikbaarheid werk (met files) - gemeenteniveau             | 0,29        | 0,01           | 28,9***  |
| Bereikbaarheid werk (met OV) - gemeenteniveau                | -0,49       | 0,01           | -62,1*** |
| Bereikbaarheid werk (met auto zonder files) - gemeenteniveau | 0,95        | 0,01           | 96,6***  |
| Nabijheid tot treinstation                                   | 414,36      | 10,45          | 39,6***  |
| Afstand tot de grens                                         | -208,34     | 4,63           | -45***   |
|                                                              | -0,001      |                |          |
| Bereikbaarheid bevolking (4-ppc)                             |             | 0,00           | -47,7*** |
| <b>VOORZIENINGEN</b>                                         |             |                |          |
| Aantal vestigingen kinderopvang in buurt                     | 6,01        | 1,15           | 5,2***   |
| Cafés in de buurt (4-ppc per inwoner)                        | -10,13      | 1,08           | -9,4***  |
| Winkels in de buurt (4-ppc per inwoner)                      | 3998,05     | 305,72         | 13,1***  |
| Nabijheid winkels voor mode en luxe                          | 1,57        | 0,03           | 45,7***  |
| Culinaire kwaliteit (gemeente)                               | 12,24       | 0,27           | 46,1***  |
| Nabijheid podiumkunsten                                      | 0,28        | 0              | 57,7***  |
| Nabijheid bibliotheken                                       | -38,76      | 0,48           | -79,9*** |
| Nabijheid musea                                              | 3,95        | 0,65           | 6,1***   |
| Nabijheid bioscopen                                          | 14,8        | 2,13           | 6,9***   |
| Aanwezigheid universiteit                                    | 151,66      | 2,52           | 60,3***  |
| Nabijheid historische binnenstad                             | 0,29        | 0,01           | 27,4***  |
| Aantal vestigingen kinderopvang in buurt                     | 6,01        | 1,15           | 5,2***   |
| <b>VEILIGHEID</b>                                            |             |                |          |
| Overlast en onveiligheid (index)                             | -1038,29    | 12,41          | -83,7*** |
| Geweldsmisdrijven                                            | -2,64       | 0,41           | -6,5***  |
| Verstorings openbare orde                                    | 5,48        | 0,17           | 33***    |
| Zedendelicten                                                | -16,95      | 0,58           | -29,2*** |
| Geweld in de buurt                                           | -1,09       | 0,06           | -17,9*** |
| Vernielingen in de buurt                                     | -0,17       | 0,05           | -3,9***  |
| Diefstal uit auto                                            | -0,05       | 0,03           | -1,8*    |
| Berooving op straat                                          | -0,09       | 0,06           | -1,5     |
| Diefstal uit woning                                          | -0,97       | 0,04           | -22,7*** |
| Winkeldiefstal                                               | -0,08       | 0,01           | -6***    |

Alleen coëfficiënten voor locatiekenmerken staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

---

## **Bijlage 3    Schadehistorie**

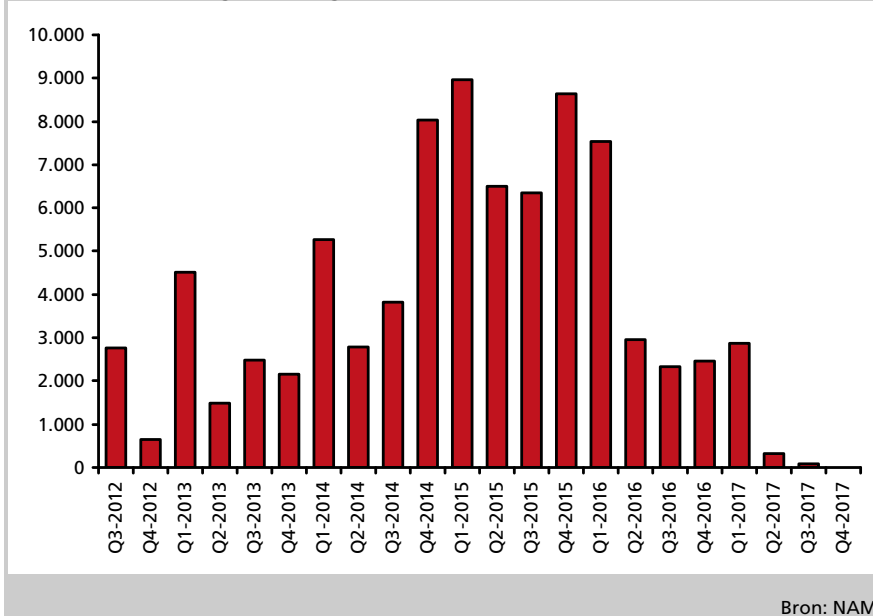
Voor dit onderzoek is de schadehistorie van individuele woningen van belang. Ten eerste voor de afbakening van het risicogebied (zie bijlage 2). Ten tweede voor de indicator waarmee het prijseffect van de schadehistorie van woningen wordt geschat. Hiervoor is gebruikgemaakt van de schadedatabase van NAM. In die database staan alle meldingen van schade in het kader van de Schaderegeling en de wijze waarop die melding is afgerond.

Voor dit onderzoek is de versie van deze database gebruikt met aanvragen die tot en met december 2017 door NAM in behandeling zijn genomen. Vanaf 31 maart 2017 worden *nieuwe* schademeldingen afgehandeld door de Tijdelijke Commissie Mijnbouwschade Groningen. Deze schademeldingen waren niet beschikbaar voor dit onderzoek en maken geen deel uit van de gebruikte schadedatabase.<sup>72</sup> Uitzondering hierop is een beperkt aantal schademeldingen dat voortkomt uit gesplitste dossiers van voor 31 maart en verbouwingsdossiers. Deze zijn wel meegenomen in de database. De database bevat – sinds ‘Huizinge’ – in totaal 83.043 schademeldingen, met name uit 2015; sinds 2016 is het aantal schademeldingen duidelijk afgenomen (zie figuur B3.1).

---

<sup>72</sup> De gebruikte schadedatabase in het onderzoek *Vijf jaar na Huizinge* bevatte deels meldingen in Q2 2017 die uiteindelijk door de TCMG zijn of worden afgehandeld. Bij de update van de schadedata zijn deze meldingen ook niet meer opgenomen in de databases. Hierdoor is het totaal aantal schademeldingen in de huidige database in Q2 2017 lager.

**Figuur B3.1 Ontwikkeling van het aantal schademeldingen bij NAM sinds 'Huizinge'; 16 augustus 2012 tot en met 31 december 2017**



De schademeldingen zijn gekoppeld aan alle transacties sinds 'Huizinge' uit de NVM-database. In de schadedatabase wordt de locatie van een pand waarvoor een schademelding is gedaan aangegeven met de postcode, het huisnummer, de toevoeging en de straat van het pand. Dat zou automatische koppeling mogelijk moeten maken, maar dat blijkt niet het geval te zijn. Een schademelding kan namelijk betrekking hebben op meer dan één woning/adres. Als dit het geval is, is het veld 'toevoeging' gebruikt om te specificeren om welke woningen het gaat. Het kan gaan om een opsomming van huisnummers, of om de laatste uit een reeks van huisnummers. Omdat het met de schadedatabase niet mogelijk blijkt om geautomatiseerd te bepalen of het gaat om een toevoeging van een huisnummer dan wel een of andere specificatie van een reeks huisnummers is voor elke schademelding met een toevoeging handmatig gekeken voor de betreffende postcode welke huisnummers plus toevoegingen er voorkomen in de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG2015). Hierbij is overigens ook gebleken dat één schademelding in meerdere postcodes kan zitten. Wanneer een schademelding betrekking heeft op meer dan één woning, is er voor elke woning horende bij die schademelding een

afzonderlijk record gemaakt (met hierin een huisnummer + toevoeging die eenduidig verwijzen naar één woning); budget en betalingen zijn gelijk verdeeld over de afzonderlijke woningen in de schademelding. Nadat op die manier handmatig een aangepast bestand is gemaakt met afzonderlijke woningen met schademelding, zijn deze geautomatiseerd gekoppeld aan transacties in de NVM-database. Ook bij de NVM-database komt het echter voor dat transacties betrekking hebben op meer dan één woning. Voor alle transacties in de NVM-database met toevoeging is daarom eveneens handmatig nagelopen of de koppeling juist is verlopen.

Hierbij is alleen gekeken naar transacties sinds 'Huizinge' en naar transacties waarvan de postcode voorkomt in de schadedatabase. Op die manier was het mogelijk om voor elke verkochte woning sinds 'Huizinge' te bepalen of er een schademelding is geweest, of die schademelding op het moment van verkoop is toegekend, welk budget voor schadeherstel is toegekend en welk bedrag daadwerkelijk is uitgekeerd

## Bijlage 4 Modelspecificaties

**Tabel B4.1** Volledige schattingsresultaten van model 1b in tabel 3.1 (model 1 in de tabel); modellen 2 en 3 in tabel 4.3 (2 en 3) en modellen 3 en 4 in tabel 4.4 (4 en 5)

|                                                                   | 1                 | 2                 | 3                 | 4                  | 5                  |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Afhankelijke variabele:<br>huizenprijzen per m <sup>2</sup> (log) |                   |                   |                   |                    |                    |
| <i>Effect van:</i>                                                |                   |                   |                   |                    |                    |
| Toegekend budget voor<br>schadeherstel € 1000 of meer             | 0,026<br>(4,1)    | 0,022<br>(3,5)    | 0,024<br>(3,8)    | 0,019<br>(3)       | 0,021<br>(3,3)     |
| Ligging in risicogebied                                           | -0,020<br>(-3,6)  | -0,022<br>(-3,9)  | -0,019<br>(-3,4)  | -0,022<br>(-4)     | -0,020<br>(-3,6)   |
| Aantal voelbare bevingen<br>(Dost >5 mm/s)                        | -0,011<br>(-8)    |                   |                   |                    |                    |
| Aantal voelbare bevingen<br>(Bommer >5 mm/s)                      |                   | -0,015<br>(-6,4)  |                   |                    |                    |
| Aantal voelbare bevingen<br>(Bommer >2,9 mm/s)                    |                   |                   | -0,009<br>(-6,9)  |                    |                    |
| Cumulatieve PGV (Bommer >5<br>mm/s)                               |                   |                   |                   | -0,012<br>(-4,5)   |                    |
| Cumulatieve PGV (Bommer >5<br>mm/s)                               |                   |                   |                   |                    | -0,010<br>(-5,1)   |
| <i>Omvang</i>                                                     |                   |                   |                   |                    |                    |
| Woonoppervlakte m <sup>2</sup> (log)                              | -0,672<br>(-32,2) | -0,672<br>(-32,1) | -0,671<br>(-32,1) | -0,672<br>(-32,1)  | -0,672<br>(-32,1)  |
| Inhoud m <sup>3</sup> (log)                                       | 0,259<br>(12,3)   | 0,259<br>(12,3)   | 0,259<br>(12,2)   | 0,259<br>(12,2)    | 0,259<br>(12,2)    |
| <i>Type woning (dummy - tussenwoning is referentie)</i>           |                   |                   |                   |                    |                    |
| Geschakeld                                                        | 0,077<br>(5,1)    | 0,077<br>(5,1)    | 0,077<br>(5,2)    | 0,076<br>(5,1)     | 0,077<br>(5,1)     |
| Hoek                                                              | 0,021<br>(2,8)    | 0,02<br>(2,7)     | 0,02<br>(2,7)     | 0,019<br>(2,6)     | 0,02<br>(2,6)      |
| 2-onder-1 kap                                                     | 0,03<br>(4,2)     | 0,03<br>(4,1)     | 0,03<br>(4,1)     | 0,029<br>(4)       | 0,029<br>(4,1)     |
| Vrijstaand                                                        | 0,164<br>(17,6)   | 0,162<br>(17,3)   | 0,162<br>(17,4)   | 0,16<br>(17,2)     | 0,161<br>(17,3)    |
| appartement                                                       | 0,294<br>(7,8)    | 0,295<br>(7,8)    | 0,295<br>(7,8)    | 0,293<br>(7,7)     | 0,293<br>(7,7)     |
| <i>Bouwperiode (dummy – na 2000 is referentie)</i>                |                   |                   |                   |                    |                    |
| 1500-1905                                                         | -0,384<br>(-25,1) | -0,385<br>(-25,2) | -0,384<br>(-25,1) | -0,386<br>(-25,1)  | -0,385<br>(-25,1)  |
| 1906-1930                                                         | -0,393<br>(-32,6) | -0,394<br>(-32,6) | -0,393<br>(-32,6) | -0,395<br>(-32,6)  | -0,394<br>(-32,6)  |
| 1931-1944                                                         | -0,347<br>(-27,1) | -0,348<br>(-27,2) | -0,347<br>(-27,1) | -0,348<br>(-27,1)  | -0,347<br>(-27,1)  |
| 1945-1959                                                         | -0,361<br>(-29,9) | -0,362<br>(-29,8) | -0,361<br>(-29,8) | -0,362<br>(-29,8)  | -0,361<br>(-29,8)  |
| 1960-1970                                                         | -0,372<br>(-34,7) | -0,373<br>(-34,8) | -0,372<br>(-34,7) | -0,373 (-<br>34,7) | -0,373 (-<br>34,6) |
| 1971-1980                                                         | -0,322<br>(-35,5) | -0,323<br>(-35,5) | -0,322<br>(-35,5) | -0,323<br>(-35,5)  | -0,323<br>(-35,4)  |
| 1981-1990                                                         | -0,198<br>(-21,2) | -0,199<br>(-21,2) | -0,198<br>(-21,1) | -0,199<br>(-21,2)  | -0,198<br>(-21,1)  |
| 1991-2000                                                         | -0,059<br>(-6,4)  | -0,06<br>(-6,5)   | -0,059<br>(-6,4)  | -0,06<br>(-6,5)    | -0,06<br>(-6,4)    |

Tabel B4.1 Volledige schattingsresultaten (vervolg I)

| Afhankelijke variabele:                                                                                 | 1                | 2                | 3                | 4                | 5                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| huizenprijzen per m <sup>2</sup> (log)                                                                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| <i>Staat van onderhoud binnen (dummyvariabele, referentie is slechte staat van onderhoud of jonger)</i> |                  |                  |                  |                  |                  |
| slecht/matig                                                                                            | 0,058<br>(0,7)   | 0,050<br>(0,6)   | 0,056<br>(0,7)   | 0,053<br>(0,6)   | 0,055<br>(0,7)   |
| matig                                                                                                   | 0,086<br>(1,3)   | 0,084<br>(1,3)   | 0,084<br>(1,3)   | 0,083<br>(1,3)   | 0,083<br>(1,3)   |
| matig tot redelijk                                                                                      | 0,072<br>(1,0)   | 0,07<br>(1,0)    | 0,069<br>(1,0)   | 0,067<br>(0,9)   | 0,068<br>(0,9)   |
| redelijk                                                                                                | 0,164<br>(2,5)   | 0,161<br>(2,5)   | 0,161<br>(2,5)   | 0,16<br>(2,5)    | 0,16<br>(2,5)    |
| redelijk tot goed                                                                                       | 0,171<br>(2,6)   | 0,168<br>(2,6)   | 0,168<br>(2,6)   | 0,167<br>(2,5)   | 0,167<br>(2,5)   |
| goed                                                                                                    | 0,299<br>(4,6)   | 0,297<br>(4,6)   | 0,297<br>(4,6)   | 0,296<br>(4,6)   | 0,296<br>(4,6)   |
| goed tot uitmuntend                                                                                     | 0,339<br>(5,0)   | 0,336<br>(4,9)   | 0,336<br>(4,9)   | 0,335<br>(4,9)   | 0,336<br>(4,9)   |
| uitmuntend                                                                                              | 0,381<br>(5,7)   | 0,38<br>(5,7)    | 0,379<br>(5,7)   | 0,378<br>(5,6)   | 0,379<br>(5,6)   |
| <i>Staat van onderhoud buiten (dummyvariabele, referentie is slechte staat van onderhoud of jonger)</i> |                  |                  |                  |                  |                  |
| slecht/matig                                                                                            | -0,057<br>(-0,7) | -0,057<br>(-0,7) | -0,058<br>(-0,7) | -0,065<br>(-0,8) | -0,064<br>(-0,8) |
| matig                                                                                                   | -0,01<br>(-0,2)  | -0,01<br>(-0,2)  | -0,01<br>(-0,1)  | -0,008<br>(-0,1) | -0,009<br>(-0,1) |
| matig tot redelijk                                                                                      | 0,067<br>(0,8)   | 0,068<br>(0,9)   | 0,069<br>(0,9)   | 0,071<br>(0,9)   | 0,07<br>(0,9)    |
| redelijk                                                                                                | 0,071<br>(1,1)   | 0,072<br>(1,1)   | 0,072<br>(1,1)   | 0,072<br>(1,1)   | 0,072<br>(1,1)   |
| redelijk tot goed                                                                                       | 0,137<br>(2,0)   | 0,138<br>(2,0)   | 0,139<br>(2,0)   | 0,139<br>(2,0)   | 0,139<br>(2,0)   |
| goed                                                                                                    | 0,201<br>(3,0)   | 0,202<br>(3,0)   | 0,202<br>(3,0)   | 0,204<br>(3,0)   | 0,203<br>(3,0)   |
| goed tot uitmuntend                                                                                     | 0,212<br>(3,0)   | 0,214<br>(3)     | 0,214<br>(3)     | 0,215<br>(3)     | 0,215<br>(3,0)   |
| uitmuntend                                                                                              | 0,243<br>(3,5)   | 0,243<br>(3,5)   | 0,243<br>(3,5)   | 0,244<br>(3,5)   | 0,244<br>(3,5)   |
| <i>Overig</i>                                                                                           |                  |                  |                  |                  |                  |
| eigen parkeergelegenheid (dummy)                                                                        | 0,081<br>(13,6)  | 0,081<br>(13,6)  | 0,081<br>(13,6)  | 0,081<br>(13,7)  | 0,081<br>(13,7)  |
| Perceeloppervlakte (IHS-transformatie)                                                                  | 0,058<br>(9,5)   | 0,058<br>(9,5)   | 0,058<br>(9,5)   | 0,058<br>(9,4)   | 0,058<br>(9,4)   |

Tabel B4.1 Volledige schattingsresultaten (vervolg II)

| Afhankelijke variabele:                                                                                                  | 1                | 2                | 3               | 4                | 5                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|
| huizenprijzen per m <sup>2</sup><br>(log)                                                                                |                  |                  |                 |                  |                  |
| <i>Tuin (dummyvariabele, referentie is geen tuin</i>                                                                     |                  |                  |                 |                  |                  |
| verwaarloosde tuin)                                                                                                      | -0,102<br>(-4,0) | -0,104<br>(-4,1) | -0,102<br>(-4)  | -0,104<br>(-4,1) | -0,103<br>(-4,0) |
| normaal onderhouden<br>tuin                                                                                              | 0,018<br>(1,0)   | 0,017<br>(0,9)   | 0,018<br>(1,0)  | 0,017<br>(0,9)   | 0,017<br>(0,9)   |
| verzorgde tuin                                                                                                           | 0,078<br>(4,2)   | 0,077<br>(4,1)   | 0,079<br>(4,2)  | 0,077<br>(4,1)   | 0,078<br>(4,1)   |
| fraaie tuin                                                                                                              | 0,108<br>(5,7)   | 0,107<br>(5,6)   | 0,109<br>(5,7)  | 0,108<br>(5,6)   | 0,108<br>(5,6)   |
| 'Luxe woning'<br>(dummyvariabele met<br>waarde 1 als<br>grachtenpand,<br>herenhuis, landhuis, villa<br>of woonboerderij) | 0,12<br>(12,7)   | 0,121<br>(12,7)  | 0,12<br>(12,7)  | 0,121<br>(12,7)  | 0,121<br>(12,7)  |
| Constante                                                                                                                | 8,173<br>(85,5)  | 8,172<br>(85,6)  | 8,174<br>(85,4) | 8,175<br>(85,5)  | 8,174<br>(85,4)  |
| Kwartaaldummy's                                                                                                          | ja               | ja               | ja              | ja               | ja               |
| N                                                                                                                        | 11840            | 11840            | 11840           | 11840            | 11840            |
| R <sup>2</sup>                                                                                                           | 0,49             | 0,49             | 0,49            | 0,49             | 0,49             |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

## Bijlage 5 Voortplantingsformules voor aardbevingen

Op basis van het onderzoek van Dost et al. (2004) – dat ten grondslag ligt aan Atlas voor gemeenten (2017), Koster & van Ommeren (2015) en Durán & Elhorst (2018) – volgt voor de maximale grondsnelheid  $PGV_{ij}$  op locatie  $i$  ten gevolge van aardbeving  $j$ :

$$PGV_{ij} = 10^{-1,53+0,74 M_j-1,33 \log r_{ij}-0,00139 r_{ij}}$$

$$r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + s_j^2}$$

Met:

- $x_i, y_i$  locatie van postcode of adres  $i$
- $x_j, y_j$  oppervlaktelocatie epicentrum van aardbeving  $j$
- $s_j$  diepte van aardbeving  $j$  (km)
- $M_j$  magnitude van aardbeving  $j$  (schaal van Richter)
- $PGV_{ij}$  maximale grondsnelheid op locatie  $i$  a.g.v. aardbeving  $j$  (cm/s)

De maximale grondsnelheid  $PGV_{ij}$  op een plek  $i$  als gevolg van aardbeving  $j$  hangt dus af van de sterkte (magnitude) van beving  $j$ , de diepte waarop de beving plaatsvindt en de afstand tot het epicentrum. Direct boven het epicentrum hangt de grondsnelheid af van twee factoren: magnitude en diepte.

Het onderzoek van Dost et al. is gebaseerd op metingen tot en met 2003 en is daarmee gedateerd. Inmiddels zijn studies beschikbaar waarin de bevingen in de periode vanaf 2006 tot en met september 2017, zoals vastgelegd met het meetnetwerk van het KNMI zijn geanalyseerd. Dit heeft een meer nauwkeurige en actuelere voortplantingsfunctie opgeleverd.

Bommer et al. (2016) ontwikkelden een voorspelmodel voor grondbeweging als gevolg van aardbevingen op basis van de meetgegevens van 22 bevingen van 2006 tot en met 2015 met een magnitude tussen 2.5 en 3.6 op de schaal van Richter.<sup>73</sup> Bommer et al. (2017) ontwikkelden een update van dit model op basis van de meetgegevens van 47 bevingen van 2006 tot en met

<sup>73</sup> J.J. Bommer, P.J. Stafford & N. Ntinalexis (November 2016). Empirical Ground-Motion Prediction Equations for Peak Ground Velocity from Small-Magnitude Earthquakes in the Groningen Field Using Multiple Definitions of the Horizontal Component of Motion.



september 2017 met een magnitude tussen 1.8 en 3.6 op de schaal van Richter.<sup>74</sup> Extrapolatie naar aardbevingen met een hogere of lagere magnitude wordt afgeraden.

De formule voor de PGV die Bommer et al. (2017) afleiden is complexer dan die van Dost et al. (2004), omdat de functionele vorm afhangt van de afstand tot het epicentrum en wordt gegeven door:

$$PGV_{ij} = e^{c_1 + c_2 M_j + g(R_{ij})}$$

$$R_{ij} = \sqrt{R_{epi,i,j}^2 + [e^{0,4233 M_j - 0,6083}]^2}$$

$$g(R_{ij}) = c_4 \ln(R_{ij}) \quad \text{als } R_{ij} \leq 6,32 \text{ km}$$

$$g(R_{ij}) = c_4 \ln(6,32) + c_{4a} \ln\left(\frac{R_{ij}}{6,32}\right) \quad \text{als } 6,32 \leq R_{ij} \leq 11,62 \text{ km}$$

$$g(R_{ij}) = c_4 \ln(6,32) + c_{4a} \ln\left(\frac{11,62}{6,32}\right) + c_{4b} \ln\left(\frac{R_{ij}}{11,62}\right) \quad \text{als } R_{ij} > 11,62 \text{ km}$$

Met:

$PGV_{ij}$  maximale grondsnelheid op locatie  $i$  a.g.v. aardbeving  $j$  (cm/s)

$R_{epi,i,j}$  de afstand locatie  $i$  en aardbeving  $j$  over het aardoppervlak in km.

$M_j$  magnitude van aardbeving  $j$  (schaal van Richter)

Voor de maximale grondsnelheid ( $PGV_{MaxRot}$ ) geeft de analyse van de meetgegevens vervolgens de volgende schattingen voor de coëfficiënten:

$$c_1 = -5,4801$$

$$c_2 = 2,4509$$

$$c_4 = -2,0385$$

$$c_{4a} = -1,195$$

$$c_{4b} = -1,7878$$

Nota bene: voor alle bevingen wordt in deze formules een diepte van 3 km gehanteerd, in lijn met de meetgegevens van het KNMI. Als gevolg daarvan is de diepte in deze formules geen variabele en is de afstand  $R_{epi,i,j}$  gemeten

<sup>74</sup> J.J. Bommer, P.J. Stafford & N. Ntinalaxis (November 2017). Empirical Ground-Motion Prediction Equations for Peak Ground Velocity from Small-Magnitude Earthquakes in the Groningen Field Using Multiple Definitions of the Horizontal Component of Motion. Updated Model for Application to Smaller Earthquakes.

langs het aardoppervlak vanaf het epicentrum, de locatie recht boven het hypocentrum (de plek van de beving op 3 km diepte).

Gegeven de waarden voor de constanten worden de vergelijkingen:

$$PGV_{ij} = e^{-5,4801+2,4509M_j+g(R_{ij})}$$

$$R_{ij} = \sqrt{R_{epi,ij}^2 + [e^{0,4233M_j-0,6083}]^2}$$

$$g(R_{ij}) = -2,0385 \ln(R_{ij}) \quad \text{als } R_{ij} \leq 6,32 \text{ km}$$

$$g(R_{ij}) = -3,7584 - 1,195 \ln\left(\frac{R_{ij}}{6,32}\right) \quad \text{als } 6,32 \leq R_{ij} \leq 11,62 \text{ km}$$

$$\begin{aligned} g(R_{ij}) &= -3,7584 - 0,7278 - 1,7878 \ln\left(\frac{R_{ij}}{11,62}\right) \\ &= -4,4862 - 1,7878 \ln\left(\frac{R_{ij}}{11,62}\right) \quad \text{als } R_{ij} > 11,62 \text{ km} \end{aligned}$$

## Bijlage 6 Resultaten alternatief risicogebied

In tabel B6.1 en B6.2 staan de resultaten van de modellen met de vier verschillende bevingsindicatoren met een verder ingeperkt risicogebied: alle gebieden binnen de 20% schadegrens waar ten minste één beving met minimale grondsnelheid van 1mm/s is geweest. Daarmee vallen ongeveer 3% van de transacties af. Dit betreffen allemaal transacties die zich aan de uiterste rand van het bevingsgebied (ten zuidoosten van Delfzijl) bevinden en relatief ongunstig scoren op de meeste locatiekenmerken. Om die reden is het van belang in deze modellen te corrigeren voor locatiekenmerken. De centrale vraag is hierbij of de coëfficiënten verschillen wanneer dezelfde modellen worden geschat in een ander risicogebied. Dat blijkt niet het geval te zijn. In tabel B6.3 staan vervolgens de resultaten van een schatting voor het gebied binnen de 20% schadegrens waar nog nooit één beving met minimale grondsnelheid van 1,0 mm/sec was. Er blijkt geen significant verschil te zijn in de transactieprijs tussen woningen in dat gebied en de daarbij behoren referentiewoningen.

**Tabel B6.1 Resultaten uit de modelschattingen inclusief locatiekenmerken huidig en andere risicogebied – aantal bevingen**

| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per vierkante meter               | 1<br>Aantal<br>bevingen<br>Bommer<br>2,9mm/sec | 2<br>Aantal<br>bevingen<br>Bommer<br>2,9mm/sec | 3<br>Aantal<br>bevingen<br>Bommer<br>5mm/sec | 4<br>Aantal<br>bevingen<br>Bommer<br>5mm/sec |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Risicogebied                                                                     | 20% schade                                     | 20% schade<br>en min. 1<br>bev (1mm/ s)        | 20%<br>schade                                | 20% schade<br>en min. 1 bev<br>(1mm/ s)      |
| <i>Effect van:</i>                                                               |                                                |                                                |                                              |                                              |
| Ligging in het<br>risicogebied                                                   | -0,029<br>(-5,3)***                            | -0,028<br>(-4,9) ***                           | -0,029<br>(-5,4) ***                         | -0,028<br>(-5,1) ***                         |
| Aantal bevingen                                                                  | -0,003<br>(-2,3) ***                           | -0,003<br>(-2,6) ***                           | -0,007<br>(-2,9) ***                         | -0,007<br>(-3,1) ***                         |
| Toegekend budget<br>voor schadeherstel van<br>€ 1000 of meer<br>(dummyvariabele) | 0,049<br>(8,7) ***                             | 0,047<br>(8,4) ***                             | 0,049<br>(8,9) ***                           | 0,047<br>(8,5) ***                           |
| Kwartaaldummy's                                                                  | ja                                             | Ja                                             | Ja                                           | ja                                           |
| Huizenkenmerken                                                                  | ja                                             | Ja                                             | Ja                                           | ja                                           |
| Locatiekenmerken                                                                 | ja                                             | Ja                                             | Ja                                           | ja                                           |
| N                                                                                | 11.840                                         | 11.432                                         | 11.840                                       | 11.432                                       |
| R                                                                                | 0,61                                           | 0,61                                           | 0,61                                         | 0,61                                         |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel B6.2 Resultaten uit de modelschattingen inclusief locatiekenmerken  
huidig en andere risicogebied – cumulatieve grondversnelling**

| Afhankelijke<br>variabele: (log)<br>huizenprijzen per<br>vierkante meter         | 1<br>Cumulatieve<br>PGV<br>Bommer<br>2,9mm/sec | 2<br>Cumulatieve<br>PGV<br>Bommer<br>2,9mm/sec | 3<br>Cumulatieve<br>PGV<br>Bommer<br>5mm/sec | 4<br>Cumulatieve<br>PGV<br>Bommer<br>5mm/sec |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Risicogebied                                                                     | 20% schade                                     | 20% schade<br>en min. 1<br>bev (1mm/ s)        | 20% schade                                   | 20% schade<br>en min. 1<br>bev (1mm/ s)      |
| <i>Effect van:</i>                                                               |                                                |                                                |                                              |                                              |
| Ligging in het<br>risicogebied                                                   | -0,029<br>(-5,4)***                            | -0,029<br>(-5,1) ***                           | -0,030<br>(-5,5) ***                         | -0,029<br>(-5,1)***                          |
| Cumulatieve<br>grondsnelheid (in<br>risicogebied)                                | -0,004<br>(-1,9) *                             | -0,004<br>(-2,4)**                             | -0,006<br>(-2,3)**                           | -0,006<br>(-2,4) **                          |
| Toegekend budget<br>voor schadeherstel<br>van € 1000 of meer<br>(dummyvariabele) | 0,048<br>(8,7) ***                             | 0,046<br>(8,3) ***                             | 0,048<br>(8,7) ***                           | 0,046<br>(8,2)***                            |
| Kwartaaldummy's                                                                  | ja                                             | ja                                             | ja                                           | ja                                           |
| Huizenkenmerken                                                                  | Ja                                             | Ja                                             | Ja                                           | Ja                                           |
| Locatiekenmerken                                                                 | ja                                             | ja                                             | ja                                           | ja                                           |
| N                                                                                | 11.840                                         | 11.432                                         | 11.840                                       | 11.432                                       |
| R                                                                                | 0,61                                           | 0,61                                           | 0,61                                         | 0,61                                         |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel B6.3 Resultaten uit de modelschattingen inclusief locatiekenmerken  
voor deelgebied zonder bevingen**

|                                                                               |                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Afhankelijke variabele: (log)<br>huizenprijzen per vierkante meter            |                                          |
| Risicogebied                                                                  | 20% schade en geen bevingen boven 1mm/ s |
| <i>Effect van:</i>                                                            |                                          |
| Ligging in het risicogebied                                                   | -0,001<br>(-0,0)                         |
| Toegekend budget voor<br>schadeherstel van € 1000 of meer<br>(dummyvariabele) | 0,071<br>(1,7)*                          |
| Kwartaaldummy's                                                               | Ja                                       |
| Huizenkenmerken                                                               | Ja                                       |
| Locatiekenmerken                                                              | Ja                                       |
| N                                                                             | 459                                      |
| R                                                                             | 0,61                                     |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

---

## **Bijlage 7    Robuustheidsanalyses modellen met drie perioden met een grenswaarde van 1,0 mm/s voor bevingsindicatoren**

In hoofdstuk 4 is geconcludeerd dat een grenswaarde van 2,9 en 5,0 mm/s te preferen zijn boven een grenswaarde van 1,0 mm/s voor de bevingsindicatoren. In hoofdstuk 5 zijn daarom alleen de resultaten van de modelschattingen getoond waarin de bevingsindicatoren een grenswaarde van 2,9 en 5,0 mm/s hadden. Als robuustheidsanalyse voor de conclusie die in dat hoofdstuk wordt getrokken over een afnemend gebiedseffect en (licht) toenemend effect van bevingen door de tijd zijn de modellen in tabel 5.1 tot en met 5.4 ook geschat met bevingsindicatoren met een grenswaarde van 1,0 mm/s. De resultaten staan in tabel B7.1 en B7.2.

De belangrijkste conclusie is dat ook deze resultaten een afnemend gebiedseffect en licht oplopend bevingseffect laten zien. Het grootste verschil met de in hoofdstuk 5 getoonde resultaten is dat het gebiedseffect als geheel in elke periode een stuk kleiner is en in de modellen met het aantal bevingen als bevingsindicator in periode 2 en 3 zelfs positief wordt (maar veelal niet statistisch significant afwijkend van 0). Dat is een opvallend resultaat en een aanvullende indicatie dat een grenswaarde van 2,9 en 5,0 mm/s te preferen is boven die van 1,0 mm/s.

**Tabel B7.1 Resultaten uit de modelschattingen – onderscheid naar drie perioden, aantal bevingen vanaf 1,0 mm/sec**

| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per<br>vierkante meter            | 1                  | 2                  | 3                   | 4                   | 5<br>(weging<br>refs) |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                               |                    |                    |                     |                     |                       |
| Ligging in het<br>risicogebied<br>(>20% schade)                                  | 0,002<br>(0,004)   |                    |                     |                     |                       |
| - periode 1; 'Huizinge'<br>t/m jan. 2014                                         |                    | -0,010<br>(-0,9)   | -0,019<br>(-1,6)*   | -0,019<br>(-1,5)    | -0,025<br>(-2,5)**    |
| - periode 2;<br>feb. 2014 t/m juni 2016                                          |                    | 0,001<br>(0,1)     | 0,002<br>(0,2)      | 0,002<br>(0,3)      | 0,004<br>(0,6)        |
| - periode 3;<br>vanaf juli 2016                                                  |                    | 0,006<br>(0,7)     | 0,009<br>(1,0)      | 0,010<br>(1,0)      | 0,015<br>(1,8)*       |
| Aantal bevingen vanaf<br>1,0 mm/sec                                              | -0,006<br>(-12)*** | -0,006<br>(-12)*** |                     |                     |                       |
| - periode 1                                                                      |                    |                    | -0,004<br>(-2,9)*** | -0,004<br>(-3,2)*** | -0,005<br>(-4,3)***   |
| - periode 2                                                                      |                    |                    | -0,006<br>(-8,5)*** | -0,006<br>(-8,2)*** | -0,007<br>(-9,5)***   |
| - periode 3                                                                      |                    |                    | -0,007<br>(-9,3)*** | -0,007<br>(-9)***   | -0,007<br>(-10)***    |
| Toegekend budget<br>voor schadeherstel van<br>€ 1000 of meer<br>(dummyvariabele) | 0,037<br>(5,8)***  | 0,035<br>(5,5)***  | 0,036<br>(5,6)***   |                     | 0,030<br>(4,7)***     |
| - periode 1                                                                      |                    |                    |                     | 0,077<br>(2,7)***   |                       |
| - periode 2                                                                      |                    |                    |                     | 0,033<br>(3,8)***   |                       |
| - periode 3                                                                      |                    |                    |                     | 0,034<br>(3,6)***   |                       |
| Kwartaaldummy's                                                                  | Ja                 | ja                 | Ja                  | ja                  | ja                    |
| Huizenkenmerken                                                                  | Ja                 | ja                 | Ja                  | ja                  | ja                    |
| N                                                                                | 11840              | 11840              | 11840               | 11840               | 16166                 |
| R                                                                                | 0,49               | 0,49               | 0,49                | 0,49                | 0,49                  |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

**Tabel B7.2 Resultaten uit de modelschattingen – onderscheid naar drie perioden, cumulatieve grondsnelheid vanaf 1,0 mm/sec**

| Afhankelijke variabele:<br>(log) huizenprijzen per<br>vierkante meter            | 1                   | 2                 | 3                    | 4                    | 5<br>(weging<br>refs) |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| <i>Effect van:</i>                                                               |                     |                   |                      |                      |                       |
| Ligging in het<br>risicogebied<br>(>20% schade)                                  | -0,013<br>(-2,3)**  |                   |                      |                      |                       |
| - periode 1; 'Huizinge'<br>t/m jan. 2014                                         |                     | -0,021<br>(-1,9)* | -0,029<br>(-2,4)***  | -0,029<br>(-2,4)**   | -0,039<br>(-3,9)***   |
| - periode 2;<br>feb. 2014 t/m juni 2016                                          |                     | -0,013<br>(-1,8)* | -0,012<br>(-1,6)*    | -0,012<br>(-1,5)     | -0,011<br>(-1,6)*     |
| - periode 3;<br>vanaf juli 2016                                                  |                     | -0,009<br>(-1,0)  | -0,006<br>(-0,7)     | -0,006<br>(-0,6)     | -0,004<br>(-0,5)      |
| Cumulatieve grond-<br>snelheid (in risico-<br>gebied) vanaf 1,0<br>mm/sec        | -0,010<br>(-7,0)*** | -0,01<br>(-6,9)   |                      |                      |                       |
| - periode 1                                                                      |                     |                   | -0,004<br>(-1,0)     | -0,005<br>(-1,3)     | -0,005<br>(-1,4)      |
| - periode 2                                                                      |                     |                   | -0,011<br>(-5,1) *** | -0,011<br>(-4,9) *** | -0,013<br>(-5,7)***   |
| - periode 3                                                                      |                     |                   | -0,012<br>(-5,5) *** | -0,012<br>(-5,3)***  | -0,012<br>(-5,7)***   |
| Toegekend budget<br>voor schadeherstel van<br>€ 1000 of meer<br>(dummyvariabele) | 0,025<br>(4,0) ***  | 0,024<br>(3,8)*** | 0,025<br>(3,9) ***   |                      | 0,018<br>(2,7)***     |
| - periode 1                                                                      |                     |                   |                      | 0,060<br>(2,1)**     |                       |
| - periode 2                                                                      |                     |                   |                      | 0,023<br>(2,6)***    |                       |
| - periode 3                                                                      |                     |                   |                      | 0,024<br>(2,5)**     |                       |
| Kwartaaldummy's                                                                  | ja                  | ja                | Ja                   | ja                   | ja                    |
| Huizenkenmerken                                                                  | ja                  | ja                | Ja                   | ja                   | ja                    |
| N                                                                                | 11840               | 11840             | 11840                | 11840                | 16166                 |
| R                                                                                | 0,49                | 0,49              | 0,49                 | 0,49                 | 0,49                  |

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met \*, \*\* en \*\*\* is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.