

**UITLEG WERKWIJZE BEREKENING
WAARDEDALING WONINGEN IN HET
AARDBEVINGSGBIED IN GRONINGEN OP
PEILMOMENT 1 januari 2019**

UITLEG WERKWIJZE BEREKENING WAARDEDALING
WONINGEN IN HET AARDBEVINGSGBIED IN
GRONINGEN OP PEILMOMENT 1 januari 2019

Opdrachtgever/Belanghebbende:

**Stichting WAG
c/o De Haan advocaten & Notarissen
Postbus 723
9700 AS Groningen**

Rapportnummer/Kenmerk:

INV 1910/R02

Status rapport:

Concept

Datum :

12 december 2019

Invisor B.V.
Postbus 40220
3504 AA UTRECHT
Tel: 06-14066466
E-mail: info@invisor.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
1.1	Algemeen	2
1.2	anleiding en doel	2
1.3	Werkwijze.....	2
2	Opzet van het model.....	3
2.1	Uitgangspunten	3
2.2	Gebruikte gegevens	4
2.3	Afhankelijke variabele	4
2.4	Onafhankelijke variabelen.....	6
2.5	De modellen.....	7
3	De aardbevingsindicatoren (AI).....	10
3.1	Eigenschappen aardbevingsindicatoren.....	10
3.2	1 ^{ste} orde systeem	10
3.3	Differentiatie in tijdstappen (0 ^{de} orde systeem).....	10
3.4	Drempelwaarde (nul-contour) bepalen met behulp van bruto aantal schademeldingen	11
3.5	Bepaling van de maximale mogelijke waardedaling	12
4	Keuze en toetsing van de aardbevingsindicator	13
4.1	Doelstellingen en uitgangspunten.....	13
4.2	Correlatie AI en BAS.....	13
4.3	Correlatie tussen WRAS en BAS.....	13
4.4	Correlatie tussen Elhorst 2014 en Invisor buurtenmodel 2014 (criterium voor extrapolatie) .	15
4.5	Vergelijking model uitkomsten met maximaal mogelijke waarde W_{max}	15
4.6	Conclusies toetsen AI's aan vijf criteria	16
5	Samengestelde (combi)-aardbevingsindicatoren	17
6	Indirecte waardedaling veroorzaakt door het risico op aardbevingschade (IWRAS).....	18
7	Bepaling van de onzekerheid in de schatting van (de model coëfficiënten) van de waardedaling	21
8	Berekening van de waardedaling 2018.....	22

Bijlagen:

- 1) Modelspecificaties van het gemeentemodel
- 2) Modelspecificaties van het buurtenmodel
- 3) Modelspecificaties van het "sociaal economische erosie" model
- 4) Berekende indirecte waardedaling met behulp van model 3a, bijlage 3 en model 1a, bijlage 1 (met $\Delta DOST \geq 3$ als AI)
- 5) Berekende waardedaling op postcode-4 niveau met Elhorst-2 geëxtrapoleerd met $\Delta DOST \geq 5$ als AI
- 6) Bruto aantal schademeldingen als percentage van de totale woningvoorraad.

1 INLEIDING

1.1 Algemeen

In opdracht van de Stichting WAG is een rekenmodel ontwikkeld om de waardedaling van woningen in het aardbevingsgebied van Groningen te bepalen op peilmoment 1 januari 2019. Het “aardbevingsgebied” is in dit verband een gebied in de gemeente Groningen dat financieel te lijden heeft onder de gevolgen van aardbevingen, en wel in de vorm van waardevermindering van woningen. We operationaliseren dit als waardevermindering door het risico van schade door aardbevingen.

1.2 Aanleiding en doel

De aanleiding voor deze studie is dus het bouwen van een bruikbaar en betrouwbaar rekenmodel waarmee de waardedaling als gevolg van het risico op aardbevingssschade (WRAS) kan worden bepaald. Hiervoor zijn twee mogelijkheden. Enerzijds door middel van extrapolatie van de berekende waardedaling met behulp van het “gereviseerde Elhorst-model” (Elhorst-2). Anderzijds door berekening van de WRAS op 1 januari 2019 met het model zelf.

1.3 Werkwijze

Het doel is dus om een robuust en betrouwbaar model te bouwen. Dit is bedoeld enerzijds als “stand-alone” model voor directe toepassing en anderzijds om extrapolatie te kunnen uitvoeren, anderzijds om de resultaten van andere modellen met een minder lange looptijd. Met het model worden woningwaarden berekend aan de hand van een aantal kenmerken. Dit zijn:

- Woningkenmerken
- Sociaal economische kenmerken
- Omgevingskenmerken
- Systeemkenmerken
- Een aardbevingsindicator

Hiermee wordt een meervoudig lineair regressiemodel (MLR) gebouwd dat universeel toepasbaar is en waarmee woningwaarden in heel Nederland op een zo gedetailleerd mogelijk schaalniveau kunnen worden berekend. De betrouwbaarheid en de robuustheid van het model worden op verschillende manieren getoetst, onder meer aan de hand van het percentage variatie verklaard (R-kwadraat) en de statistische significantie van de variabelen in het model (T-waarden). De WRAS voor een (postcode 4 of postcode 6) gebied wordt bepaald uit de bijdrage van de aardbevingsindicator aan de woningwaarde.

Extrapolatie van Elhorst 2

Hierbij worden de resultaten die met Elhorst-2 zijn berekend voor 2014 geëxtrapoleerd naar 1 januari 2019. Met dit extrapolatiemodel wordt de WRAS voor 2014 bepaald in het aardbevingsgebied op postcode 4 niveau. Voor elke van de 4PC-gebieden wordt een extrapolatiefactor bepaald uit verschil tussen de WRAS berekend met Elhorst-2 en het extrapolatiemodel. Deze extrapolatiefactor wordt vervolgens toegepast op de met het extrapolatiemodel berekende WRAS voor 1 januari 2019.

Directe bepaling WRAS op 1 januari 2019

Hierbij wordt met het model de WRAS berekend op 1 januari 2019.

2 OPZET VAN HET MODEL

2.1 Uitgangspunten

De voorliggende opgave heeft een aantal facetten die alleen aandacht en antwoorden behoeven.

1. Het te bouwen model moet voldoende robuust en betrouwbaar zijn om enerzijds met Elhorst-2 vergelijkbare waarden voor WRAS te berekenen voor 2014 en bovendien de gevraagde WRAS te berekenen op peilmoment 1 januari 2019. Het bevat naast de gekende (woning)prijsbepalende factoren ook een aardbevingsindicator.
2. Woningprijsbepalende factoren zijn:
 - a. Eigenschappen van de woning (oppervlak/inhoud, perceeloppervlak, bouwjaar, Energie Prestatie Label, staat van onderhoud, etc.)
 - b. Sociaal economische factoren (inkomen per huishouden, vermogen per huishouden, werkeloosheid, attractiviteit wonen, etc)
 - c. Omgevingsfactoren (bos/natuur, demografische krimp, werkgelegenheid)
 - d. Systeemfactoren (consumentenvertrouwen, prijsindex woningen, correctie voor prijsbepaling)
 - e. Aardbevingsindicator (AI, is feitelijk een omgevingsfactor)
3. De keuze van de aardbevingsindicator (AI) is belangrijk. Door gebruik te maken van verschillende AI's is inmiddels vastgesteld dat de hiermee berekende WRAS sterk kan verschillen. De vraag is dan welke AI de werkelijkheid het best benadert.
4. De variabele die feitelijk gezocht wordt is een zogenaamde latente variabele die niet als zodanig direct meetbaar is en het koop/verkoopgedrag representeert op de woningmarkt in het aardbevingsgebied, en dan in het bijzonder de mate waarin kennis over aardbevingen van kopers en verkopers van woningen de waarde van woningen vermindert ten opzichte van gebieden waar geen aardbevingen voorkomen.
5. Een AI is dus niet meer dan een meetbaar fenomeen dat een zo direct mogelijke relatie moet hebben met de latente koop/verkoop variabele. Het is dus belangrijk om een benchmark te gebruiken waarmee de relatie tussen de AI en de latente koop/verkoop variabele kan worden geëvalueerd.
6. Voorbeelden van AI's die door onderzoekers zijn/worden gebruikt zijn de 'Bommer' en 'Dost' variabelen. Bommer en Dost zijn fysische variabelen die berekend worden als de cumulatieve grondsnelheid op elk punt (x,y) in het aardbevingsgebied. Het effect van alle aardbevingen die tot het tijdstip van berekening hebben plaatsgevonden zijn in deze waarde vertegenwoordigd. De grootte van Bommer of Dost is afhankelijk van de afstand tot het epicentrum en de intensiteit van de aardbeving. Het verschil tussen beide variabelen zit in de meer actuele meetgegevens waar Bommer op gebaseerd is. Daarnaast houdt de Dost variabele ook rekening met aardbevingen met een sterkte beneden M 1,8 en Bommer niet. Er is een relatie tussen Bommer en Dost en de impact hiervan in de vorm van schade aan woningen. Zowel Elhorst als Bosker/Atlas¹ maken gebruik van deze variabelen in hun modellen. De Bommer en Dost AI's en varianten daarvan moeten dus beschouwd worden in het EM.
7. Andere voorbeelden van AI's zijn bijvoorbeeld voelbare aardbevingen, totaal aantal aardbevingen of percentage woningen met schade.
8. Daarnaast zijn er combinaties van variabelen denkbaar die in combinatie een bruikbare

¹ Bosker et al (2018) Nog altijd in beweging Het effect van aardbevingen op de huizenprijzen in Groningen per 1-1-2018. Atlas voor gemeenten.

Al vormen. Zo heeft de V_{S30} , een bodemeigenschap die de “opslingering” van trillingen weergeeft in de bovenste 30 meter van de bodem, afhankelijk van de waarde mogelijk een versterkend of juist verzwakkend effect.

9. Naast de directe waardedaling van woningen door aardbevingen kan er ook nog sprake zijn van een indirecte waardedaling van woningen (IWW). Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als WRAS ook sociaal economische erosie tot gevolg heeft. Hierbij verlaten huishoudens met hogere inkomens en meer vermogen de regio, zonder vervanging of vervanging door huishoudens met minder hoge inkomens en minder vermogen. Omdat het een vastgesteld feit is dat huizenprijzen zich plooiën naar de koopkracht van de inwoners worden woningen hierdoor gemiddeld minder waard en heeft WRAS hier een meetbaar aandeel in. Met behulp van het EM moet ook de IWW als IWRAS berekend kunnen worden.

2.2 Gebruikte gegevens

Gelet op de randvoorwaarden waar het EM aan moet voldoen is een keuze gemaakt om modellen te ontwikkelen die niet ter discussie gesteld kunnen worden vanwege gebruik van beperkte of onvolledige data of andere redenen van technische aard. Er is daarom is uitgegaan van landelijke WOZ-bestanden. Het doel hierbij is om modellen te bouwen die de tijdperiode van 2012 t/m 2018 omvatten, een tijdpad analoog aan Atlas en met voldoende overlap (2012-2013-2014) met het Elhorst-2. Als referentiegebied wordt – net zoals met het MACRO-model dat gebruikt is om de bezwaren van de Bosker-modellen aan te tonen en te onderbouwen²– heel Nederland gebruikt. Het voordeel van het gebruik van WOZ bestanden is dat dit alle woningen omvat en niet alleen koopwoningen die in een bepaalde periode verkocht zijn.

Er zijn twee meervoudige lineaire regressie modellen gemaakt.

- Een “gemeente” model met gemiddelde WOZ-waarden per gemeenten als afhankelijke variabele over de periode 2012-2017. In totaal 2375 “waarnemingen” met 20 verklarende variabelen waarvan 12 statistisch significant. Zie bijlage 1 voor de modelspecificaties.
- Een “buurten” model met gemiddelde WOZ-waarden per buurt als afhankelijke variabele over de periode 2012-2017. In totaal 46.795 “waarnemingen” met 21 verklarende variabelen die statistisch significant zijn. Zie bijlage 2 voor de modelspecificaties.

In beide modellen worden uitsluitend niet-categorische variabelen gebruikt. Controle van bijvoorbeeld tijdeffecten gebeurt aan de hand van systeemvariabelen (en dus niet door tijd dummies).

2.3 Afhankelijke variabele

Als afhankelijke variabele is in beide gevallen de gemiddelde WOZ-waarde per aggregatie-eenheid gebruikt (dus WOZ-gemeente gemiddeld in het gemeentemodel een WOZ-buurt gemiddeld in het buurtenmodel)

² De Kam, G. en E. Hol (2019) *Beschouwingen over de modelmatige bepaling van de waardedaling van niet verkochte woningen op basis van prijseffecten bij verkochte woningen in het aardbevingsgebied*. URSI resarch report 264

Het voordeel van het gebruiken van WOZ-waarden is dat:

- Deze op een uniforme en controleerbare manier landelijk zijn vastgesteld, hiermee voorkom je dus “transactiebias” die veroorzaakt wordt door perioden van tekorten en overschotten;
- Ook de huurmarkt onderdeel uitmaakt van deze dataset, hiermee voorkom je dus “koopwoningen bias” doordat er uitsluitend koopwoningen (van het NVM) in de dataset zitten.

De WOZ-waarde dient als basis om de schade compensatie als gevolg van WRAS mee te berekenen. Model en verrekening grondslag gebruiken dus dezelfde woningwaarden. Dit verkleint de kans dat systematische vertekeningen in de model coëfficiënten (die in andere modellen worden bepaald op basis van NVM transactiepreizen) interfereren met systematische vertekeningen in de WOZ waarden waar de compensatie op gebaseerd wordt.

Een mogelijk nadeel van gebruik van de WOZ waarden is dat bekend is dat in het aardbevingsgebied bepaalde gemeenten beleidsmatige aanpassingen aan de WOZ waarde hebben gedaan op basis van specifieke aardbevingen gerelateerde omstandigheden. Die beleid gestuurde effecten kunnen afwijken van hoe de markt op het aardbevingsrisico reageert. Een duidelijk voorbeeld is het al dan niet actief aanbieden van de mogelijkheid door het indienen van een bezwaarschrift een verlaging van de WOZ waarde te krijgen ter hoogte van een door taxateurs bepaald bedrag, afgeleid van het bedrag van erkende maar nog niet herstelde schade. Dit betreft per definitie tijdelijke en incidentele verlagingen, omdat bezwaarschiften jaarlijks opnieuw moeten worden ingediend. Daarnaast is er de neiging van gemeenten om de WOZ-waarden wat lager vast te stellen dan de marktwaarde om bezwaarprocedures zoveel mogelijk te voorkomen. Aanwijzingen dat hiervan in substantiële mate sprake zou zijn in het aardbevingsgebied zijn er niet. Ten eerste hebben de gemeenten gewoon jaarlijks goedkeuring van hun beleid gekregen van de Waarderingskamer, die toetst of gemeenten zich aan de richtlijnen voor waardevaststelling houden. Bovendien hebben in ieder geval Loppersum, Appingedam en Delfzijl alle taxatie- en waardebepalingswerkzaamheden in handen gegeven aan ambtenaren van de gemeente Groningen. Daarom is er geen reden om aan te nemen dat er een regio specifiek effect is van algemeen lagere vaststelling van de WOZ waarden. En onder de veronderstelling dat dit effect min of meer uniform is voor geheel Nederland blijft de verhouding tussen marktwaarde en WOZ-waarde hiermee in tact.

Om voor deze effecten te controleren wordt hiervoor een controlevariabele aan het buurtenmodel toegevoegd. Dit is de verhouding tussen de gemiddelde vraagprijs en de WOZ waarde. Bij een consistente manier van WOZ-waardebepaling zou deze verhouding per gemeente min of meer constant moeten zijn. De controlevariabele is als een controle index in het model opgenomen (met 2012 als index = 1).

Een kanttekening bij het gebruik van WOZ-waarden is voorts dat een belangrijk deel van de WOZ waarden modelmatig wordt bepaald. Hiervoor is een breed scala van commerciële rekenmodellen voorhanden. Voor zover deze modellen gebouwd zijn met dezelfde of sterk vergelijkbare variabelen ligt een hoge correlatie voor de hand. Anderzijds toont dit dan ook aan dat deze rekenmodellen ook goed gebruikt hadden kunnen worden voor het bepalen van de WRAS. Het is een toevoeging aan de reeks andersoortige modellen die voor dit doel ontwikkeld zijn (Atlas voor Gemeenten (AVG), Koster en van Ommeren (KvO), Elhorst, Dúran en Elhorst-2) en dus een uitbreiding op de mogelijkheden die de standaard methodieken die

hiervoor ontwikkeld zijn reeds bieden.

2.4 Onafhankelijke variabelen

In de modellen worden verschillende typen onafhankelijke variabelen gebruikt.

woningkenmerken	voor het karakteriseren van de woning worden vooral generieke variabelen gebruikt. Het betreft dan variabelen die betrekking hebben op ouderdom, woningtype, percentage koopwoningen en een proxy variabele voor wooninhoud/oppervlak (gemiddeld energieverbruik).
Sociaal economische kenmerken	Uit verschillende onderzoeken blijkt dat sociaal economische factoren de belangrijkste determinanten zijn voor woningwaarde. Het is dus essentieel om deze in een woningwaarde model op te nemen. Als belangrijkste sociaal economische kenmerk wordt het inkomen per inkomensontvanger gebruikt. Daarnaast ook indicatoren voor sociaal economische stabiliteit zoals bijvoorbeeld percentage gescheiden personen, het aandeel eenpersoonshuishoudens t.o.v. huishoudens met kinderen, aantal WW- en bijstandsuitkeringen en aantal arbeidsongeschiktheidsuitkeringen. Op gemeentelijk niveau is gebruik gemaakt van een welvaartsindicator.
Omgevingskenmerken	Als omgevingskenmerken zijn indicatoren voor bevolkingsgroei/krimp en voor attractiviteit wonen (voor inwoneraantal genormaliseerde verhuisbalans tussen gemeenten) meegenomen, maar ook indicatoren voor de feitelijke omgeving (Bos en natuur per inwoner) en indicatoren voor ondernemingskracht en de typologie hiervan (stadskracht, plattelandskracht en cultuur- en vertierkracht). Het gaat hier om het aantal bedrijfsvestigingen per hectare in deze specifieke economische sectoren.
Systeemeigenschappen	Dit zijn controlevariabelen die controleren voor veranderingen in het systeem. Zo controleert het deelaspect van het consumentenvertrouwen “Gunstige tijd voor Grote Aankopen” (GTvGA, landelijk niveau per jaar) voor het koop/verkoop sentiment voor woningen en is het een expressie voor de economische conjunctuur. Deze loopt één fase (een jaar) voor op de WOZ-waarden. Daarnaast is de prijsindex voor woningen (gemeenteniveau) gebruikt om te controleren voor prijsverschillen in ruimte en tijd. Tenslotte is een controlevariabele gebruikt om te controleren voor inconsistenties in het vaststellen van de WOZ-waarden (per gemeente, per jaar).
Aardbevingsindicator	De aardbevingsindicator is feitelijk een omgevingsfactor die redelijk marginaal bijdraagt aan de prijsopbouw, maar is hier specifiek benoemd wordt omdat enerzijds het

accuraat schatten van deze model coëfficiënt essentieel is, en anderzijds dat het een bijzondere variabele is die een latente (niet direct meetbare) variabele vertegenwoordigt. Er zitten een aantal aspecten verbonden aan de keuze en de duiding van de aardbevingsindicator die in paragraaf 2.3 belicht zullen worden. Er wordt gebruik gemaakt van een aantal verschillende aardbevingsindicatoren

2.5 De modellen

Met behulp van deze variabelen zijn twee meervoudige lineaire regressie modellen gemaakt.

- Een “gemeente” model met gemiddelde WOZ-waarden per gemeenten als afhankelijke variabele over de periode 2012-2017. In totaal 2375 “waarnemingen” met 20 verklarende variabelen waarvan 12 statistisch significant. Zie bijlage 1 voor de modelspecificaties.
- Een “buurten” model met gemiddelde WOZ-waarden per buurt als afhankelijke variabele over de periode 2012-2017. In totaal 46.795 “waarnemingen” met 20 verklarende variabelen die statistisch significant zijn. Zie bijlage 2 voor de modelspecificaties.

Het “gemeente” model is vrijwel identiek gebouwd aan het MACRO-model, dat gebruikt is om de tekortkomingen van het model van Bosker et al te onderbouwen³. Het MACRO-model gebruikt de gemiddelde transactiepreizen van woningen per gemeente per jaar (en is dus gebaseerd op verkoop van koopwoningen). Het “gemeente” model waarin WOZ-waarden gebruikt worden is dus een meer uniforme versie van met MACRO-model; het is niet alleen land dekkend maar ook dekt het alle typen woningen, zowel huur als koop. De uitkomsten uit beide modellen bevestigen elkaar, er zitten geen tegenstrijdigheden in. Wel blijkt dat het “gemeentemodel” door het toevoegen van een aantal extra variabelen meer van de variantie in de woningwaarde verklaart en de R-kwadraat daarvan is ongeveer 0,914. Daarmee is het statistisch zo sterk geworden dat het ook voorspellende kracht heeft gekregen, en dus ook gebruikt kan worden om het indirecte effect van aardbevingen te bepalen. Het gemeentemodel is vooral bedoeld als een aanvulling op het buurtenmodel om analyses mee te kunnen uitvoeren wanneer gemeenten het juiste aggregatieniveau zijn.

Het “gemeente” model is dus een solide en robuust model dat meer variantie van de woningwaarde verklaart (ruim 90%) dan AVG of Elhorst, en bovendien ook direct de relatie legt tussen variabelen die de woningwaarde bepalen en de woningwaarde zelf. Zowel AVG als Elhorst doen dit via een indirecte methode.

Er is een multi-collineariteit analyse uitgevoerd op het gemeentemodel. De waarden van de variance inflation factor (VIF) zijn weergegeven voor de verschillende modelvariabelen onder aan bijlage 1. In de praktijk speelt multi-collineariteit geen rol als de $VIF < 5$. Het gemeentemodel voldoet dus aan dit criterium.

³ De Kam, G. en E. Hol (2019) *Beschouwingen over de modelmatige bepaling van de waardedaling van niet verkochte woningen op basis van prijseffecten bij verkochte woningen in het aardbevingsgebied*. URSI resarch report 264

Het “buurten” model is een verfijning van het “gemeente-model” maar met minder verklarende variabelen. Het is net wat fijner dan postcode-4 niveau. Helaas zijn niet alle variabelen ook op buurtniveau vrij beschikbaar voor de tijdperiode van het model (2012-2017). Desondanks is er een grote mate van uniformiteit in de modellering op gemeente- en op buurtniveau, en is de systematiek voor beide modellen identiek en de resultaten zijn uitwisselbaar. Het “buurten” model is feitelijk bedoeld om op buurtniveau de waardedaling van woningen als gevolg van aardbevingen te kunnen bepalen. Door het grote aantal waarnemingen is de statistische significantie van de verklarende variabelen veel groter. Enkele belangrijke verklarende variabelen ontbreken echter waardoor de R-kwadraat wat lager is, 0,851. Dat is nog steeds een zeer behoorlijk model, zeker gelet op de (longitudinale) tijdperiode die het beslaat (2012-2017) en de geografische en sociaal economische diversiteit van het gebied dat het omvat (alle buurten van Nederland).

Zowel het gemeentemodel als het buurtenmodel ontberen nog data van 2018. De reden hiervoor is dat nog niet alle gegevens beschikbaar zijn. Als tijdelijke oplossing kunnen gegevens van voorgaande jaren (die in de regel maar weinig veranderen) worden toegevoegd in afwachting van de definitieve gegevens.

Op zich hoeft het gebrek aan één jaargang geen belemmering te zijn. Met zowel het “gemeentemodel” als het “buurtenmodel” wordt voor zowel de tijd als de ruimte die het model bevat, nu slechts één coëfficiënt voor het effect van aardbevingen op de woningwaarde berekend. Doordat de serie waarnemingen voldoende lang is ,geheel Nederland omvat en een goede tot zeer goede verklaring geeft van de variantie in woningwaarde, kunnen we dus stellen dat variabelen die controleren voor verschillen in tijd en ruimte hun werk uitstekend doen en er weinig aan de modellen ontbreekt. Vanuit die wetenschap is het dan ook niet waarschijnlijk dat de schatting van de model coëfficiënt voor de aardbevingsindicator (en ook de andere model coëfficiënten) bij toevoeging van een jaargang erg veel zullen veranderen. Met andere woorden, met de coëfficiënten die geschat zijn voor de periode 2012-2017, kunnen we nu al een redelijk goede benadering geven voor de waardedaling op 1 januari 2019. Uiteraard worden de coëfficiënten van het model opnieuw geschat zodra de missende gegevens beschikbaar komen.

De coëfficiënten voor de aardbevingsindicatoren die berekend met het “gemeentemodel” zijn overigens niet identiek aan die van het “buurtenmodel”. Er zit een factor 2 á 3 tussen de geschatte coëfficiënten voor de aardbevingsindicatoren van het “gemeentemodel” en het “buurtenmodel”. Hiervoor zijn een aantal verklaringen

1. Het verschil zit deels in de minder complete set verklarende variabelen voor het “buurtenmodel” in vergelijking tot het “gemeentemodel”. Zoals eerder aangegeven resulteert dit in minder verklaarde variantie in de WOZ-waarden in het “buurtenmodel”.
2. Daarnaast kan een rol spelen dat bepaalde variabelen op gemeenteniveau door uitmiddeling minder extremen kennen. Op buurtniveau kunnen die extremen groter zijn. In praktijk blijkt ook dat de sociaal economische variabelen in het buurtenmodel niet in staat zijn om de extremen in WOZ-waarden “op te vangen” en er zijn dan tussen buurten vaak relatief grote afwijkingen tussen WOZ-werkelijk en WOZ-berekend. Die worden nu in het aardbevingsgebied (groten)deels verklaard met de aardbevingsindicator, waarvan de coëfficiënt in het buurtenmodel in dat geval dus te hoog is. Feitelijk ontbreekt er dus nog een imagovariabele op buurtniveau en die rol

wordt daar waar dat mogelijk is nu deels ingevuld door de aardbevingsvariabele. Ondersteunend bewijs daarvoor is dat bij versterking van het model drie “imago” variabelen op gemeenteniveau zijn toegevoegd, onder andere een welvaartsindicator. Hierdoor nam niet alleen de R-kwadraat behoorlijk toe, maar werd bovendien de coëfficiënt voor alle gebruikte AI's al aanzienlijk kleiner, en dus het verschil tussen de coëfficiënten voor de AI van het “gemeentemodel” en het “buurtenmodel” aanzienlijk kleiner. Indien deze drie “imago” variabelen beschikbaar zouden zijn op buurniveau, dan zou de AI coëfficiënt naar verwachting vergelijkbaar worden met die van het gemeentemodel.

3. Tenslotte speelt nog een rol dat met name de Dost variabelen tot ver buiten het gebied waar sprake is van schade aan woningen positieve waarden heeft die groter zijn dan nul. Hier is wel sprake van trillingen maar geen negatief effect op de woningwaarde. Voor die gebieden berekent het model – dus onterecht – wel een waardedaling. Daarmee is dus sprake van een overschatting van de waardedaling in het gehele gebied. Er is dus een ijking nodig waarbij een correctie wordt toegepast voor de waardedaling in deze gebieden. Van de drie factoren die het verschil bepalen tussen het “gemeentemodel” en het “buurtenmodel” en dan in het bijzonder de schatting van de coëfficiënt voor aardbevingen heeft deze laatste naar verwachting de meeste impact op de berekende waardedaling. De ijking wordt in praktijk uitgevoerd door de waardedaling te bepalen aan de nul-contour van het bruto aantal schademeldingen, en deze waarde in mindering te brengen op de in het risicogebied berekende waardedaling.

Uit de modelspecificatie uit bijlagen 1 en 2 blijkt dat zowel het gemeentemodel als het buurtmodel zeer robuust zijn voor de toevoeging van verschillende AI's. De model coëfficiënten veranderen nagenoeg niet voor de drie verschillende AI's die zijn weergegeven. Daarbij hebben de variabelen “inkomen” en “energieverbruik” (in het buurtenmodel een proxy voor woonoppervlak) de hoogste T-waarden. De T-waarden zijn gemiddeld genomen zeer hoog; de meeste variabelen zijn statistisch zeer significant en robuust. Dat geldt ook voor de AI's in beide modellen.

Er zijn meerdere AI's getest. Niet alle resultaten zijn weergegeven in bijlage 1 en 2, alleen de AI's die het meest relevant zijn voor het uiteindelijke model. Waar nodig en relevant zullen de coëfficiënten van deze AI's worden vernoemd.

3 DE AARDBEVINGSINDICATOREN (AI)

3.1 Eigenschappen aardbevingsindicatoren

Aardbevingsindicatoren die in voorgaande onderzoeken zijn toegepast in modellen hebben een aantal eigenschappen gemeen:

- Makkelijk meetbaar,
- Locatie specifiek,
- Beschikbaar over een lange tijdperiode.

De cumulatieve grondsnelheden bepaald volgens de methoden van Bommer en Dost voldoen aan deze drie criteria. Het aantal voelbare aardbevingen, onder meer gebruikt door Koster en van Ommeren voldoet al minder goed omdat deze niet heel erg locatie specifiek zijn. Het percentage woningen met schade voldoet in principe ook, maar is minder goed meetbaar, omdat er onderscheid gemaakt moet worden tussen schade veroorzaakt door aardbevingen en schade veroorzaakt door andere omstandigheden, zoals bijvoorbeeld zetting of zwaar verkeer, en omdat het mogelijk is dat in gebieden met gelijke omstandigheden toch verschillende patronen van schademeldingen kunnen zijn. Schademeldingen worden dus niet als AI gebruikt, maar wel als toets op de plausibiliteit van AI's, en van met modellen berekende verschillen in waardedaling per locatie. Verwezen wordt naar de notitie van de Kam en Hol (2019)⁴ over dit onderwerp

3.2 1^{ste} orde systeem

Bommer en Dost zijn cumulatieve indicatoren. De waarde hiervan neemt met elke volgende aardbeving verder toe over tijd en kan dus niet afnemen. Als er geen aardbevingen meer plaatsvinden vlakken deze indicatoren af op een bepaalde waarde. Deze dynamiek staat in de proceskunde bekend als een 1^{ste} orde systeem. Vanwege de grilligheid van de frequentie en intensiteit van de aardbevingen is dit proces niet “netjes” te modelleren. Deze AI is daarom wat minder “handig” om in woningwaarde modellen te gebruiken, zoals ook Elhorst constateert. Er zal ooit een moment in de toekomst komen waarbij er geen waardedaling als gevolg van aardbevingen meer zal zijn, en dan is het ook logisch dat de AI op dat moment zelf ook de waarde 0 heeft. In het gemeentemodel en in het buurtenmodel zijn de 1^{ste} orde Dost en Bommer variabelen getest op statistische significantie en bruikbaarheid.

3.3 Differentiatie in tijdstappen (0^{de} orde systeem)

Een variabele die in principe elke waarde kan aannemen is redelijk eenvoudig te construeren door de verschillen van de cumulatieve series (Bommer en Dost) in tijdstappen (van bijvoorbeeld 1 jaar) te bepalen. Als er in één jaar geen aardbevingen meer zijn, dan wordt de waarde hiervan 0. Dat betekent overigens niet dat er dan geen sprake meer is van waardedaling. Het systeem heeft meestal een “geheugen”. Een goed voorbeeld hiervan zijn buurten met een crimineel verleden die opgeschoond zijn, maar jaren later nog steeds als “onveilig” worden ervaren ofschoon er geen sprake meer is van criminaliteit. En bij schade door aardbevingen zit een deel van dat geheugen gematerialiseerd in al dan niet herstelde woningen.

⁴ De Kam, G. en E. Hol (2019) *Beschouwingen over de modelmatige bepaling van de waardedaling van niet verkochte woningen op basis van prijseffecten bij verkochte woningen in het aardbevingsgebied*. URSI research report 264

In de terminologie van de AI's duiden we deze variabelen aan met een codering. Zo betekent $\Delta DOST \Sigma 3$ dat van de oorspronkelijke cumulatieve grondversnelling (DOST SPGV) over de hele tijdperiode het verschil is genomen met het voorgaande jaar, en dat het "geheugen" 3 jaar bedraagt. De waarde van $\Delta DOST \Sigma 3$ voor 2012 op een punt x,y is dan dus de som van het verschil van de SPGV-waarden van 2010-2009; 2011-2010 en 2012-2011. Het Elhorst-2 maakt gebruik van een op vergelijkbare manier gedifferentieerde tijdreeks, door de 'eerste verschillen' als maat te nemen, terwijl het AvG model juist met de niet-gedifferentieerde Bommer AI werkt. Elhorst-2 is dus een 0^{de} orde model en AvG is een 1^{ste} orde model. In zowel het gemeentemodel als het buurtenmodel zijn de 0^{de} orde Dost en Bommer variabelen in verschillende vormen getest op statistische significantie en bruikbaarheid.

3.4 Drempelwaarde (nul-contour) bepalen met behulp van bruto aantal schademeldingen

De SPGV volgens Bommer en Dost wordt berekend op ieder punt in Nederland en geeft dus ook waarden op plaatsen ver buiten het aardbevingsgebied in Groningen, bijvoorbeeld in de Kop van Noord Holland en in de Noordoostpolder. Het is niet erg waarschijnlijk dat op deze locaties sprake is van waardedaling van woningen als gevolg van aardbevingen. Bij een positieve waarde van de AI in een model wordt hiermee op deze plaatsen echter wél een waardedaling berekend. Om dit te voorkomen is een drempelwaarde ingevoerd, dat is de grondversnelling waarbij in theorie geen schade aan woningen kan optreden. Dus op plaatsen waar voor elke individuele beving de grondversnelling niet boven deze waarde komt wordt een drempelwaarde toegepast met als resultaat dat de WRAS hier op nul uitkomt. Daarmee worden dus locaties ver buiten het aardbevingsgebied qua WRAS uit het systeem geëlimineerd. Trillingen zijn hier wel meetbaar, maar zouden dus geen schade aan objecten kunnen veroorzaken en worden door kopers en verkopers niet aangemerkt als oorzaak voor een lagere woningwaarde.

De discussie over de drempelwaarde is dus relevant voor de keuze van de AI, maar de keuze van de drempelwaarde met behulp van fysische grootheden is niet eenvoudig. We kijken immers naar een latente variabele (koop/verkoopgedrag) die weliswaar door (kennis over) aardbevingen wordt gestuurd maar waarvan het maar zeer de vraag is of deze sturing ook gebeurt door een theoretisch fysisch bepaalde waarde, zoals de volgens Bommer en/of Dost gesommeerde piek-grondsnelheid. Want voor het gedrag op de markt van koper/verkopers telt vooral de emotie. Dit is vergelijkbaar met het niet ervaren van veiligheid in een buurt die inmiddels nauwelijks criminaliteit meer kent. Analoog daaraan is het goed denkbaar dat er sprake kan zijn van waardedaling als gevolg van aardbevingen in perifere zones waar theoretisch geen schade aan woningen als gevolg van aardbevingen kan optreden. Het kan daardoor zijn dat de werkelijke begrenzing van het gebied waar sprake is van waardedaling als gevolg van aardbevingen behoorlijk afwijkt van het gebied dat puur theoretisch met de Bommer- of Dostformules wordt berekend en dat begrensd wordt met puur theoretische drempelwaarden.

Toch is de begrenzing van deze "schadepceptie" contour iredelijk eenvoudig te bepalen door te kijken naar het aantal schademeldingen op verschillende plaatsen in het gebied. Dit zijn huishoudens die menen dat er sprake is van schade aan woningen als gevolg van aardbevingen en in hun koop/verkoop gedrag ook zeker daarnaar zullen handelen. In hoeverre er ook sprake is van schade die daadwerkelijk veroorzaakt is door aardbevingen is in dit kader

minder relevant. Deze schadeperceptie zou op zich een goede AI kunnen zijn, maar de meting is lastig en veel gegevens hiervan zijn niet beschikbaar. Ook het “bruto” aantal schademeldingen (BAS) – op basis waarvan deze schadeperceptie wordt bepaald - is overigens een 1^{ste} orde proces. De verwachting is daarom dat de WRAS berekend met een 1^{ste} orde (niet-gedifferentieerde) AI de hoogste mate van correlatie heeft met BAS. Als BAS gebruikt wordt om de relevantie van de AI's te bepalen als proxy voor de latente variabele “koop/verkoop-gedrag”, dan zou dat dus pleiten voor het gebruik van een niet-gedifferentieerde AI. BAS is ook getransformeerd naar een 0^{de} orde vorm door de Δ BAS te bepalen, en deze te toetsen aan de 0^{de} orde AI's. Zowel de 1^{ste} orde als de 0^{de} orde AI's kunnen dus worden getoetst op bruikbaarheid. Model technisch dient de matching van het nulcontour om de drempelwaarde te bepalen voor elke AI die gebruikt wordt. De drempelwaarde bepaalt dus alleen de ligging van het nul-contour, maar bepaalt ook de hoogte van de WRAS binnen de nul-contour

3.5 Bepaling van de maximale mogelijke waardedaling

Om het model te kunnen ijken is naast de ligging van nul-contour ook de maximale waarde nodig die de WRAS in theorie zou kunnen aannemen. In principe zou dit met een matching-methode kunnen, ware het niet dat in paragraaf 2.5 onder punt 2 reeds is weergegeven dat het verschil tussen de berekende WOZ en de werkelijk WOZ niet geheel is toe te kennen aan het effect van aardbevingen. Er zijn dus nog andere factoren (mogelijk een imago-effect) in het geding, die niet in het model zitten maar wel mede prijsbepalend zijn en dus de WOZ bepalen. Verder op wordt uitgewerkt dat het risico op aardbevingen ook indirect van invloed is op dit imago effect (aldaar uitdrukt als “sociaal economische erosie”)

Met het buurtenmodel is het mogelijk om buurten van verschillende gemeenten met elkaar matchen op basis van vergelijkbare ruimtelijke en sociaal economische condities, die buurten lijken dan identiek maar het imago-effect loopt dan vaak sterk uiteen voor op basis van beschikbare data volkomen vergelijkbare buurten (van -15% tot + 10% van de werkelijke WOZ-waarde). Het buurtenmodel verklaart dus niet WAAROM in sommige gevallen de berekende waarde hoger is dan de WOZ en in sommige gevallen lager. Er ontbreken simpelweg buurtkenmerken die deze verschillen afdoende verklaren. De verschillen zijn het meest extreem in stadscentra (WOZ meestal veel hoger dan berekende waarde) en rurale buurten (WOZ soms veel hoger en soms veel lager).

De matching methode is echter wel gebruikt om de maximale waardedaling voor de verschillende jaren te kunnen bepalen. Voor die buurten waar het effect van aardbevingen een grote rol speelt kan door middel van matching met vergelijkbare buurten elders in Nederland het maximale verschil in WOZ-waarde worden bepaald. Het percentuele verschil in waarde bestaat dan uit het effect van aardbevingen en (de gecombineerde) imago effecten van beide buurten (risico en referentie). Het percentuele verschil in WOZ-waarde tussen deze buurten is dus niet de waardedaling als gevolg van risico op schade door aardbevingen, maar geeft wel de maximale percentuele waardedaling W_{max} . De waardedaling die door een model met behulp van een AI wordt berekend kan dus nooit hoger zijn dan deze waarde W_{max} . W_{max} is berekend voor een viertal buurten waar de modelmatige bepaalde waardedaling het hoogst is en dient dus als toets om de realiteitswaarde van de berekende waardedaling te bepalen.

4 KEUZE EN TOETSING VAN DE AARDBEVINGSINDICATOR

4.1 Doelstellingen en uitgangspunten

Er zijn vijf doelstellingen waaraan (de resultaten van) het extrapolatiemodel moeten voldoen:

- De AI moet optimaal correleren met het BAS;
- De berekende WRAS met optimaal correleren met het BAS;
- Een AI met model coëfficiënt identificeren die de waardedaling verkregen met het Elhorst model voor 2014 zo goed mogelijk simuleert.
- Een AI met model coëfficiënt identificeren en toetsen aan een benchmark die het koop/verkoopsentiment van consumenten zo goed mogelijk reflecteert. Hiervoor wordt het “bruto” aantal schademeldingen (BAS) gebruikt om redenen gemotiveerd in paragraaf 3.4
- De maximale WRAS is niet hoger dan de met behulp van de matching methode berekende WRAS voor de gebieden met de hoogste aardbevingsimpact (paragraaf 3.5).

De mate waarin een AI bijdraagt aan een regressiemodel – de technische aspecten – worden zoal reeds eerder vermeld gecontroleerd met de daartoe geëigende kengetallen, zoals R-kwadraat en T-waarde.

4.2 Correlatie AI en BAS

Aan het eerste punt wordt voldaan als ook aan het tweede punt wordt voldaan. Er wordt tenslotte gebruik gemaakt van meervoudige lineaire regressie, hetgeen betekent dat de AI lineair wordt geprojecteerd naar de WRAS. Aan het eerste criterium wordt (ook) voldaan als aan het tweede criterium wordt voldaan.

4.3 Correlatie tussen WRAS en BAS

Met de toetsing van AI's aan de BAS-schadepceptie contour kan de buitengrens van het waardedalingscontour worden bepaald en kan het waardedalingsmodel (het “buurtenmodel”) worden geijkt aan de met BAS bepaalde schadepceptie contour. Het kan bijvoorbeeld niet zo zijn dat er geen sprake is van waardedaling in gebieden waar wel sprake is van schade door aardbevingen. Het is in principe wel mogelijk dat de waardedalingscontour buiten om de schadepceptie contour ligt, maar vooralsnog is het uitgangspunt dat als er geen sprake is van perceptie van schade door aardbevingen, er ook geen sprake is WRAS.

De werkwijze om deze toets uit te voeren is om een regressie analyse uit te voeren met de berekende waardedaling (met een gekozen AI in het gemeente- of buurtmodel) en het BAS percentage. Als er sprake is van een “redelijk” model(R-kwadraat > 0,60), dan kan – door het snijpunt van de regressielijn te bepalen – worden vastgesteld of de waardedalingscontour binnen of buiten de BAS-schadepceptie contour loopt, en hoe ver deze contouren uiteen liggen. Idealiter(bij keuze van de optimale AI) zal er nauwelijks verschil zijn en lopen beiden contouren over elkaar. In andere gevallen zal een drempelwaarde kunnen worden toegepast om de waardedalingscontour te corrigeren en het gebied waar de waardedaling wordt berekend in overeenstemming te brengen met de perceptie van schade.

Een tweede manier om de drempelwaarde te bepalen is om de gemiddelde berekende WRAS buiten de BAS nul-contour als drempelwaarde te gebruiken en deze waarde in mindering te brengen op de WRAS berekend binnen de BAS-contour. Deze methode wordt toegepast als er geen sprake is van een “redelijk” model (R-kwadraat < 0,6). De fout in de schatting is dan te groot.

Uitvoering correlatie BAS en WRAS

Er is gebruik gemaakt van zowel BAS-waarden op gemeente niveau als op buurtniveau.

BAS is bekend voor 20 gemeenten voor de periode 2012-2016 (data Provincie Groningen) en is modelmatig geëxtrapoleerd naar 2017 en 2018 (zie bijlage 6). Dus voor elke gemeente in het aardbevingsgebied zijn vijf gemeten waarden beschikbaar en één door middel van modelmatige extrapolatie berekende waarde. Deze set wordt gecorreleerd met de WRAS berekend met de verschillende AI's.

Tabel 1 geeft de correlaties tussen BAS en WRAS berekend met het gemeentemodel met verschillende AI's voor de periode 2012-2017. Hieruit blijkt dat de niet-gedifferentieerde DOST variabele de hoogste correlatie heeft met BAS. Zowel het BAS als de WRAS zijn 1^{ste} orde processen.

Tabel 1: correlatie tussen bruto aantal schademeldingen en schadepercentages berekend met verschillende AI's voor gemeenten

correlatie met WRAS	DOST (1 ^{ste} orde)	BOMMER (1 ^{ste} orde)	Δ DOST Σ 3 (0 ^{de} orde)	Δ DOST Σ 5 (0 ^{de} orde)
BAS 2012-2017	0,710	0,488	0,350	0,607

Daarnaast is gebruik gemaakt van BAS gegevens op postcode 4 niveau (verkregen via Elhorst). Alleen die postcodes waarvoor een complete serie gegevens van beschikbaar is (2012-2017) zijn bruikbaar, anders is correlatie met de 0^{de} orde variabelen niet mogelijk. In totaal zijn hiervoor 103 4PC gebieden bruikbaar. De resultaten voor de correlaties tussen BAS en WRAS op 4 PC niveau zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2: correlatie tussen bruto aantal schademeldingen en schadepercentages berekend met verschillende AI's voor 4PC-gebieden

correlaties	BAS	% Claims (%BAS)	% HCLAIMS*	% Σ claims (% Σ BAS)	% Σ Hclaims*
WRAS met AI		0de orde	0de orde	1ste orde	1ste orde
DOST	1ste orde	-0,394	-0,337	-0,655	-0,668
Δ DOST Σ 1	1ste orde	-0,444	-0,514	-0,060	-0,120
100xBOM	1ste orde	-0,312	-0,266	-0,533	-0,548
log(1+BOM)	1ste orde	-0,391	-0,340	-0,595	-0,610
Log(1+DOST)	1ste orde	-0,363	-0,311	-0,596	-0,607
log(1+ Δ DOST Σ 1)	0de orde	-0,407	-0,473	-0,046	-0,107
log(1+ Δ DOST Σ 3)	0de orde	-0,533	-0,525	-0,302	-0,349
log(1+ Δ DOST Σ 5)	0de orde	-0,434	-0,392	-0,502	-0,525
Δ BOM Σ 3	0de orde	-0,257	-0,204	-0,460	-0,473
log(1+ Δ BOM Σ 3)	0de orde	-0,260	-0,207	-0,463	-0,476

* HCLAIMS zijn aantal gehonoreerde claims

De conclusies die voortvloeien uit beide modellen zijn.

- Er is een redelijke match tussen BAS en WRAS
- De resultaten van het gemeentemodel en het 4PC model zijn daarbij goed vergelijkbaar.
- Voor een 1^{ste} orde model gaat de voorkeur uit naar de Dost variabele

- Voor een 0^{de} orde model gaat de voorkeur uit naar de $\log(1+\Delta Dost \Sigma 3)$ variabele met een “geheugen” van drie jaar.
- De correlatie tussen BAS en WRAS is niet sterk genoeg om hiermee modelmatig een drempelwaarde te kunnen bepalen. De tweede methode (berekende waarden buiten het contour in mindering brengen) wordt dus toegepast. Hiertoe worden de gemiddelde waarden van de buurten in de gemeente Leek, Stadskanaal en Marum, die gelegen zijn nabij de BAS nul-contour gebruikt.

4.4 Correlatie tussen Elhorst 2014 en Invisor buurtenmodel 2014 (criterium voor extrapolatie)

Om het 3^{de} criterium te toetsen; de correlatie met de door Elhorst berekende waardedaling, kan slechts één jaargang worden gebruikt, 2014. De resultaten zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3: correlatie tussen schade percentage berekend door Elhorst en de schadepercentages berekend met verschillende AI's

correlatie met Invisor, AI	DOST (1 ^{ste} orde)	BOMMER (1 ^{ste} orde)	$\Delta DOST \Sigma 3$ (0 ^{de} orde)	$\Delta DOST \Sigma 5$ (0 ^{de} orde)
Elhorst waardedaling 2014	-0,82	-0,49	-0,87	-0,89

Opvallend is dat de correlatie tussen Elhorst 2014 en de WRAS berekend met de Bommer variabele het minst groot is; de correlatie met de Dost variabelen is het grootst, waarbij $\Delta Dost \Sigma 5$ een lichte voorkeur verdient. De correlatie tussen de door Elhorst berekende waardedaling en de Dost-varianten is dusdanig groot dat daarmee voldoende aangetoond is dat het Invisor-extrapolatiemodel gebruikt kan worden om de waardedaling berekend door Elhorst betrouwbaar te extrapoleren naar meetpunt 1 januari 2019.

4.5 Vergelijking model uitkomsten met maximaal mogelijke waarde W_{max}

In tabel 4 zijn met verschillende AI's berekende percentages WRAS weergegeven voor een viertal gebieden waar de waardedaling het hoogst is. Voor die gebieden is met behulp van de matching-methode de maximaal mogelijke waardedaling bepaald. Dit is gebeurd door gebieden eerst te correleren op basis van 14 sociaal economische kenmerken. Voor die buurten met een correlatie van 1,000 wordt het verschil geminimaliseerd voor de drie meest prijsbepalende variabelen (inkomen, energie en welvaart). Van de vijf buurten met het kleinste verschil die niet in het aardbevingsgebied liggen is de gemiddelde WOZ-waarde bepaald. Van dit gemiddelde is het percentuele verschil met drie jaargangen (2015-2017) voor de vier buurten uit tabel 4 bepaald (kolom W_{max}). Uitgaande van het gegeven dat de waardedaling in 2018 naar verwachting niet hoger is dan de voorgaande jaren, kan deze vergeleken worden met de directe waardedaling berekend met de verschillende AI's voor 2018.

Tabel 4: berekende directe waardedaling met het buurtenmodel voor 1 januari 2019 vergeleken met W_{max} voor vier buurten.

gemeente	buurt	DOST	Log(1+ DOST)	$\log(1+ \Delta DOST \Sigma 3)$	$\log(1+ \Delta DOST \Sigma 5)$	BOMMER	$\log(1+BOM)$	W_{max}
Loppersum	Loppersum	-29,4%	-11,9%	-12,4%	-12,4%	-22,3%	-24,6%	14,16%
Loppersum	Middelstum	-24,9%	-11,4%	-8,0%	-9,6%	-18,7%	-24,5%	19,83%
Loppersum	't Zandt	-29,4%	-13,2%	-15,9%	-14,8%	-21,4%	-26,9%	28,46%
Appingedam	Appingedam-Centrum	-24,1%	-11,7%	-12,0%	-13,0%	-15,9%	-24,4%	21,28%

Uit tabel 4 blijkt dat de voor 1 januari 2019 berekende waardedaling voor de 1^{ste} orde modellen een té hoge % WRAS (groter dan W_{max}). Modellen die gebouwd zijn met deze AI's zijn dus minder realistisch in de voorspelling van de WRAS. Deze is naar verwachting te hoog. De WRAS berekend met 0^{de} orde AI's voldoen aan met W_{max} criterium.

4.6 Conclusies toetsen AI's aan vijf criteria

De WRAS berekend met de 0^{de} orde variabelen geeft de beste resultaten. Ofschoon de WRAS berekend met de 1^{ste} orde AI's goed correleren met de 1^{ste} orde BAS, blijkt dat deze niet voldoen aan het W_{\max} criterium. $\Delta Dost \Sigma 3$ en $\Delta Dost \Sigma 5$ zijn daarbij de meest voor de hand liggende variabelen. $\Delta Dost \Sigma 3$ correleert het best met de 0^{de} orde kinetiek. $\Delta Dost \Sigma 5$ voldoet wat minder goed aan de 0^{de} orde kinetiek maar wel weer goed aan de 1^{ste} orde kinetiek. In die zin is deze $\Delta Dost \Sigma 5$ de meest robuuste en best veelzijdig inzetbare AI. $\Delta Dost \Sigma 3$ leent zich het beste voor simulatie van het koopgedrag als 0^{de} orde proces. $\Delta Dost \Sigma 5$ is het best bruikbaar voor het extrapoleren van de waardedaling berekend met het Elhorst-2 model.

5 SAMENGESTELDE (COMBI)-AARDBEVINGSINDICATOREN

Een van de suggesties om de correlatie van de AI met schademeldingen (BAS) te verbeteren is om de V_{S30} , de opslingerwaarde van de bodem mee in beschouwing te nemen. De V_{S30} van de bodem bepaalt mede het effect van trillingen en de mate waarin deze schade doen aan objecten. Daarbij zijn trillingen in een zandige ondergrond (met een lage V_{S30}) schadelijker dan trillingen in een kleiige of venige ondergrond (met hogere V_{S30}). Een eerste verkenning is dus door de AI te delen door de V_{S30} . Daardoor wordt de combi-AI in gebieden met een zandige ondergrond naar verhouding groter dan die in een kleiige/venige ondergrond. De V_{S30} waarden zijn verkregen bij de Geodienst van de Rijksuniversiteit Groningen, en omgezet naar 4PC gebieden. Als eerste verkenning is de V_{S30} geaggregeerd op gemeentenniveau om te beoordelen in hoeverre het effect van de gemiddelde bodemgesteldheid in een gemeente een invloed heeft op de AI (DOST) en dan in het bijzonder op de correlatie tussen %WRAS en %BAS. De analyse is uitgevoerd voor het BAS-bestand 2012-2017 (bijlage 6) en de resultaten zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 5: correlatie tussen berekende waardedaling met AI's met en zonder V_{S30} correctie en BAS 2012-2017

correlatie met WRAS	DOST	DOST* V_{S30}	DOST/ V_{S30}
BAS 2012-2017	0,710	0,713	0,688

Uit deze resultaten blijkt dat de toepassing van de geaggregeerde V_{S30} een kleine verbetering geeft in de correlatie tussen de hiermee berekende % WRAS en % BAS. Opvallend is echter dat die verbetering er is voor de combinatie waarbij de AI vermenigvuldigd is met de V_{S30} en waar dus juist een verslechtering zou worden verwacht. Mogelijk dat een verfijning van de aggregatie naar buurniveau zal leiden tot een beter resultaat en een nog wat betere fit tussen BAS en WRAS. Op dit niveau lijkt de verbetering echter minimaal. Het is echter niet uitgesloten dat het beter uitpakt op buurniveau, en dat er daar perspectief is voor een verbeterde bepaling van de waardedaling op 4PC of buurniveau. Deze analyse kan worden uitgevoerd indien een volledige set V_{S30} waarden op buurniveau beschikbaar is voor die buurten waar ook AI's voor beschikbaar zijn. De analyse kan dan het best worden uitgevoerd met de 0^{de} orde AI's zoals $\Delta D_{ost} \Sigma 3$ en $\Delta D_{ost} \Sigma 5$.

6 INDIRECTE WAARDEDALING VEROORZAAKT DOOR HET RISICO OP AARDBEVINGSSCHADE (IWRAS)

Het ligt voor de hand dat het risico op aardbevingsschade invloed heeft op tal van andere processen, die op hun buurt weer een lagere woningwaarde tot gevolg kunnen hebben. Omdat het een algemeen bekend gegeven is dat de woningwaarde (en andere sociaal economische factoren) in een bepaald gebied een directe reflectie is van de (woning)koopkracht van de inwoners van dat gebied, hebben processen die de woningkoopkracht verminderen dus ook een effect op de woningwaarde. Als blijkt dat deze processen ook nog deels gestuurd worden door het risico op aardbevingsschade, dan heeft dit dus een indirect effect op woningwaarde.

In het aardbevingsgebied wordt in dit kader de sociaal economische erosie beschouwd. Hierbij verlaten huishoudens met hogere inkomens en meer financieel vermogen de regio zonder dat ze vervangen worden door huishoudens met gelijkwaardige financiële armslag. Dit proces manifesteert zich in de vorm van dalende gemiddelde inkomens, dalende vermogens en een toenemend aantal personen met een uitkering. Daarbij kan een duidelijke relatie worden gelegd tussen het risico op aardbevingsschade en de afname van inkomens en/of de toename van uitkeringen.

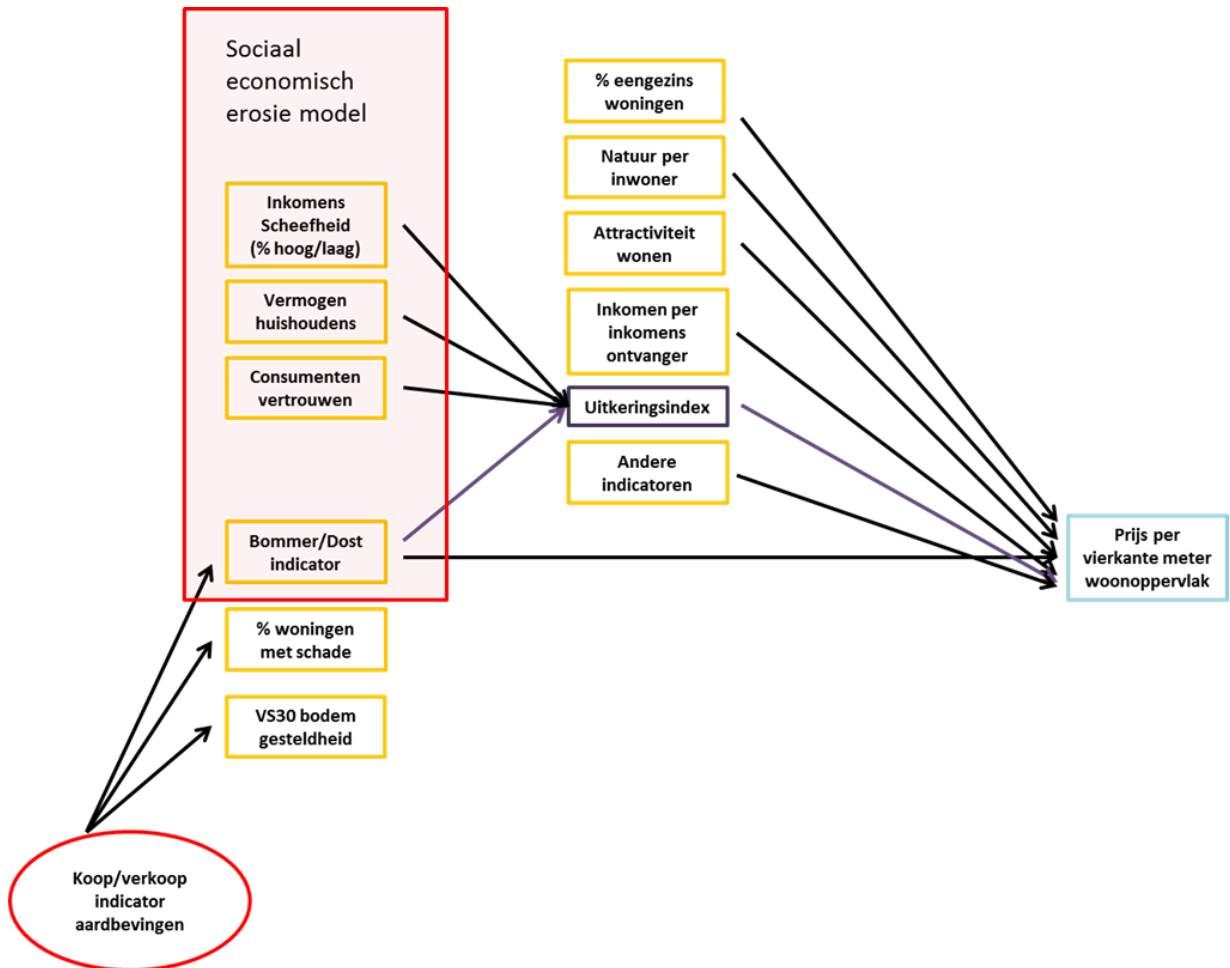
Figuur 1 geeft een schematisch overzicht van hoe het pad loopt van de latente koop/verkoop indicator naar een van de meetbare proxy's (bijvoorbeeld een Bommer of Dost AI variant) die een effect heeft op de uitkeringsindex (in het sociaal economisch erosiemodel). De hogere uitkeringsindex heeft consequenties voor de woningwaarde (te berekenen met het woningwaarde model) en heeft dan een lagere woningwaarde tot gevolg; de uitkeringsindex zit als een negatieve factor in het model (zie bijlage 1 en 2) en een hoger uitkeringsindex resulteert dan dus in een lagere woningwaarde.

Daarnaast heeft de AI ook nog een direct effect op de woningwaarde; dit is de waardedaling die in de vorige paragrafen aan de orde is geweest.

Dat een variabele naast een direct effect ook een indirect kan hebben is niet ongewoon en is zelfs in complexe situaties zoals het aardbevingsgebied in Groningen eerder regel dan uitzondering. Figuur 1 is dan ook een gesimplificeerd Structural Equation Modelling diagram, een techniek waarmee zowel vraagstukken rondom latente variabelen als indirecte effecten van variabelen mee kunnen worden beschreven en gemodelleerd.

Dit wordt verder uitgewerkt door te bekijken in hoeverre er een sociaal economisch erosiemodel van Nederland kan worden gebouwd, waarin aardbevingen een significante rol spelen op inkomensontwikkeling of ontwikkeling van het aantal uitkeringen. Indien blijkt dat een dergelijk model bestaat wordt de bijdrage van aardbevingen aan de afhankelijke variabele (inkomens of uitkeringen; de Sociaal economische erosie indicator) gekwantificeerd. Vervolgens wordt het indirecte effect van aardbevingen bepaald door de waarde van de sociaal economische erosie indicator in het woningwaarde model (in dit geval het gemeentemodel) in te voeren mét en zonder aardbevingen. Het indirecte effect is nu het percentuele verschil in woningwaarde berekend met behulp van een sociaal economische erosie indicator mét aardbevingen en een hypothetische situatie zonder aardbevingen.

Figuur 1: Directe en indirecte waardedalingstrajecten van de aardbevings indicator.



Sociaal economische erosie indicator

Er zijn verschillende modellen getest met verschillende sociaal economische erosie indicatoren. De sociaal economische erosie indicator wordt bepaald op gemeenteniveau met het gemeentemodel. In bijlage 3 zijn de specificaties weergegeven van het model met de uitkeringsindex als afhankelijke variabele en de Δ DOST Σ 3 en Δ DOST Σ 5 als AI's. In die modellen zijn beide AI's statistisch significant en heeft het model een R-kwadraat van 0,632, een redelijk goed verklarend model. Verder zijn er een aantal andere sociaal economische erosie indicatoren getest, zoals "attractiviteit wonen" en "gemiddeld besteedbaar inkomen per huishouden". De model R-kwadraat hiervan is echter beduidend lager dan die van de uitkeringsindex. De veronderstelling in het voorkeursmodel met de uitkeringsindex is dan dat afnemende vermogens en lagere inkomens, maar ook het voorkomen van aardbevingen resulteert in sociaal economische erosie waardoor het aantal uitkeringen toeneemt. De uitkeringsindex ligt daarbij het meest direct in het pad.

Aan de hand van model 3a (beschreven in bijlage 3) is de uitkeringsindex met en zonder aardbeving berekend voor de verschillende jaren. Deze waarden zijn ingevoerd in model 1a

(beschreven in bijlage 1) waarmee het verschil in woningwaarde is berekend voor een situatie mét en zonder aardbevingen. Dit verschil representeert dus het indirecte effect van aardbevingen op de woningwaarde. De berekende indirecte waardedaling als gevolg van risico op aardbevingsschade (IWRAS) waarden zijn weergegeven in bijlage 4.

7 BEPALING VAN DE ONZEKERHEID IN DE SCHATTING VAN (DE MODEL COEFFICIENTEN) VAN DE WAARDEDALING

Om de onzekerheid te bepalen in de schatting van de model coëfficiënten wordt de dataset van het “gemeentemodel” gefragmenteerd in vijf gelijke delen, door te sorteren op het verschil tussen de berekende WOZG(emeente) waarde en de werkelijke WOZG waarde. Van elke van deze vijf delen worden de model coëfficiënten opnieuw berekend en van de verschillen tussen de model coëfficiënten van de vijf fragmenten wordt de standaard deviatie bepaald.

Deze standaard deviatie is belangrijk om een correctie in de berekende waardedaling door te voeren, waarmee de onzekerheid in het voordeel uitvalt van woningeigenaren in het aardbevingsgebied. Dit wordt gedaan door één standaard deviatie bij de waardedaling op te tellen. Uit tabel 6 blijkt dat het dan gaat om 16,3% indien de Δ DOST Σ 3 variabele als AI in het gemeentemodel en 14,3% indien de Δ DOST Σ 5 variabele als AI in het gemeentemodel wordt gebruikt.

Tabel 6: berekende standaard deviaties voor de coëfficiënten van het gemeentemodel voor een tweetal aardbevingsindicatoren

onafhankelijke variabele	gemiddelde	standaard deviatie	relatieve standaard deviatie (%)	gemiddelde	standaard deviatie	relatieve standaard deviatie (%)
% gescheden	340,2	39,6	11,6%	343,3	35,8	10,4%
% Koopwoningen	-2,44	0,058	2,4%	-2,43	0,017	0,7%
energieverbruik	0,02	0,001	7,7%	0,02	0,001	6,8%
UK-index (aantal WW- en bijstandsuitkeringen per 1000 inwoners)	-0,61	0,049	8,0%	-0,61	0,036	5,9%
Krimp/groei van de bevolking	156,2	39,8	25,5%	151,5	24,7	16,0%
Bos en natuur per inwoner	0,01	0,000	3,8%	0,01	0,001	14,1%
attractiviteit wonen	0,03	0,009	31,3%	0,03	0,007	22,8%
Gemiddeld besteedbaar inkomen per huishouden	6,97	0,113	1,6%	6,95	0,081	1,2%
Gemiddeld vermogen per huishouden	0,43	0,012	2,9%	0,43	0,006	1,4%
Goed tijd voor grote aankopen (consumenten vertrouwen)	-0,77	0,028	-3,7%	-0,76	0,023	-3,0%
Woningprijs index	-33,8	4,41	-13,0%	-33,5	4,76	14,2%
Δ DOST Σ 3	-2,68	0,436	16,3%			
Δ DOST Σ 5				-1,68	0,240	14,3%

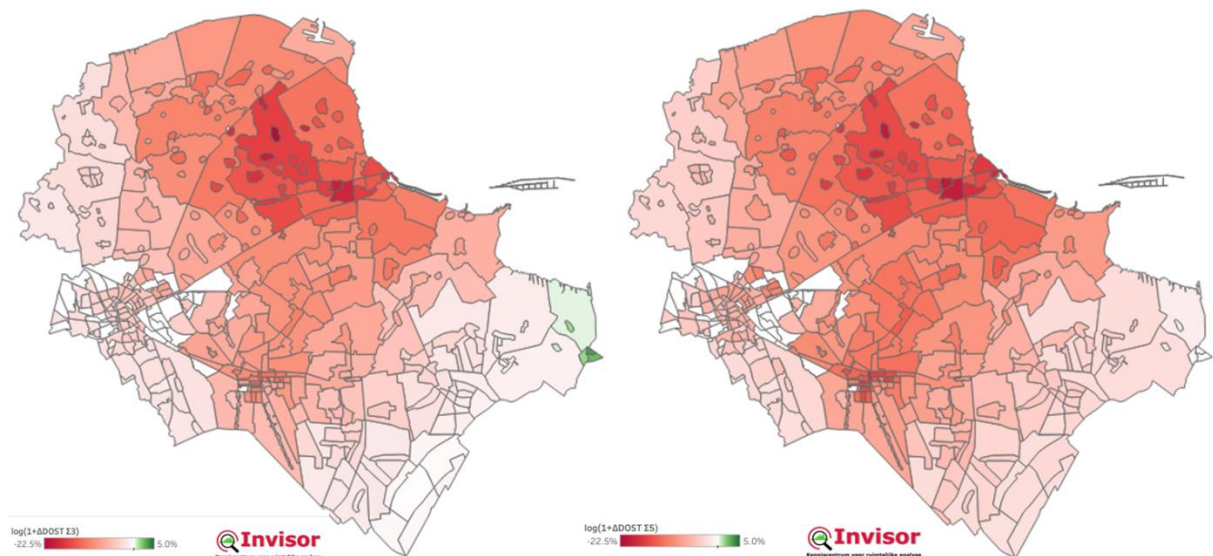
8 BEREKENING VAN DE WAARDEDALING 2018.

Al eerder is aangegeven dat de waarden voor 2018 van enkele variabelen momenteel nog niet beschikbaar zijn. Vooral nog betekent dit dat de coëfficiënten van het buurtenmodel 2012-2017 worden gebruikt om de waardedaling op 4PC niveau voor 2018 te berekenen. Dit kan resulteren in kleine afwijkingen in de berekende waardedaling voor 2018, wanneer later deze gegevens beschikbaar komen en gebruikt kunnen worden om het model te herberekenen. De berekende waardedaling zal dus te zijner tijd wanneer de ontbrekende variabelen beschikbaar komen, worden aangepast.

Zoals eerder geconcludeerd in de afsluiting van hoofdstuk 5 zijn twee AI's gebruikt: Δ DOST Σ 3 en Δ DOST Σ 5. De variabele en Δ DOST Σ 5 is gebruikt voor de extrapolatie van het Elhorst-2 model. De resultaten hiervan zijn opgenomen in bijlage 5. Zowel Δ DOST Σ 3 en Δ DOST Σ 5 zijn in logaritmische vorm gebruikt als $\log(1+ \Delta$ DOST Σ 3) en $\log(1+ \Delta$ DOST Σ 5). De reden hiervoor is de grotere T-waarde in het buurtenmodel: -24,2 voor Δ DOST Σ 3 vs -27,5 $\log(1+ \Delta$ DOST Σ 3) en -24,6 Δ DOST Σ 5 vs -26,7 $\log(1+ \Delta$ DOST Σ 5). Uitgaande van het gebruik van Δ DOST Σ 3 als AI, valt de gemiddelde ongewogen waardedaling over het gehele gebied 14,6% lager uit bij gebruik van $\log(1+ \Delta$ DOST Σ 3) i.p.v. Δ DOST Σ 3.

De verdeling van de waardedaling over het aardbevingsgebied berekent met deze voorkeurs aardbevingsindicatoren is weergegeven in figuur 2

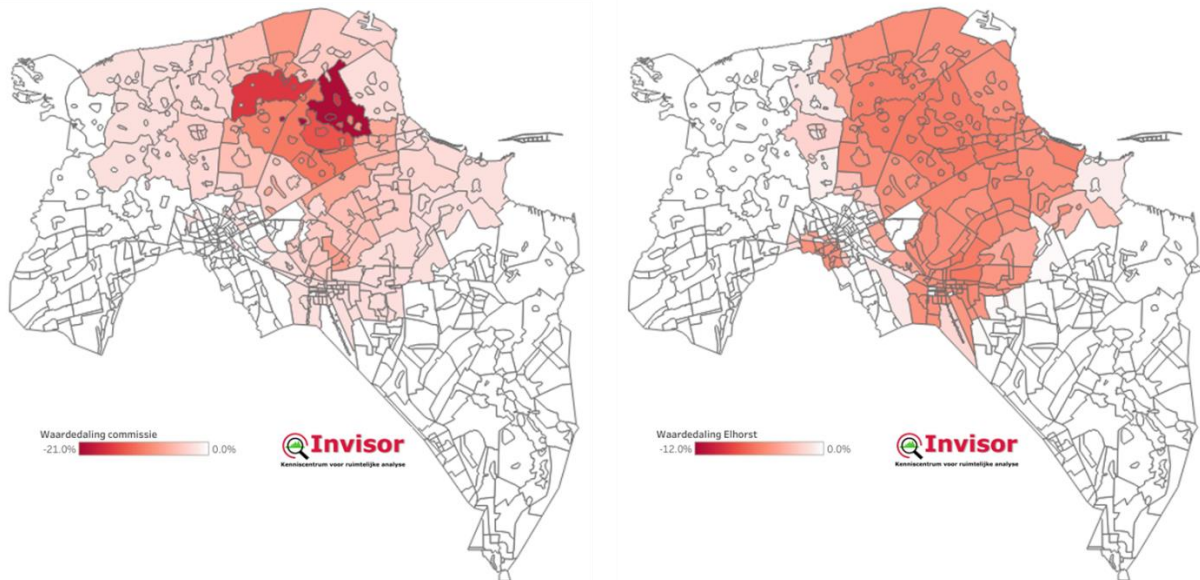
Figuur 2: verdeling van het percentage WRAS over het aardbevingsgebied ($\log(1+\Delta$ DOST Σ 3) links en $\log(1+\Delta$ DOST Σ 5) rechts



Figuur 2 illustreert het effect van beide AI's. Het gebied waar sprake is van waardedaling is compacter met Δ DOST Σ 3 (figuur 2 links). Het gebied waar sprake is van waardedaling is wat uitgestrekter bij gebruik van Δ DOST Σ 5 (figuur 2 rechts). De maximale waarden verschillen echter niet heel erg veel. De waardedaling berekend met Δ DOST Σ 3 heeft dus een iets steiler verloop. De "groene" gebieden met "positieve" waardeontwikkeling aan de randen zijn niet het gevolg van een soort "waterbedeffect" op de woningwaarde, maar zijn het gevolg van gebruik van drempelwaarden in de modellen.

In figuur 3 zijn ter vergelijking de ruimtelijke spreiding van de waardedaling berekend door Elhorst met het Elhorst-2 model weergegeven, en de ruimtelijke spreiding van de waardedaling zoals berekend en vastgesteld door de Commissie Waardedaling op 29 april 2019. Van de Commissie is uitsluitend waardedaling op gemeenteniveau bekend, dat door middel van een allocatie algoritme is berekend op buurtniveau.

Figuur 3: verdeling van het percentage WRAS over het aardbevingsgebied Commissie Waardedaling links en Elhorst-2 rechts



Figuur 3 laat zien dat de spreiding van de waardedaling berekend door de Commissie Waardedaling veel kleiner is, en een veel minder groot gebied bestrijkt, terwijl de maximale waardedaling vergelijkbaar is met de voorkeursmodellen uit figuur 2. De waardedaling berekend door Elhorst-2 volgt minder duidelijk de 1^{ste} orde kinetiek die men zou verwachten en wel terugkomt in de voorkeursmodellen en bij de Commissie Waardedaling. De maximale waardedaling is bij Elhorst-2 ook lager dan bij de andere drie modellen, maar is homogener verdeeld over het gebied om vervolgens aan de randen snel naar nul te dalen. Daar waar de drie modellen (Invisor en Commissie Waardedaling) een soort driedimensionale hyperbool vormen over het gebied, vormt het Elhorst-2 model meer een cilinder.

Figuur 4 tenslotte laat zien hoe de waardedaling ruimtelijk correspondeert met “events” (zoals aardbeving en bodemdaling) en in het gebied zichtbare gaswinningsactiviteiten. De waardedaling berekend met de $\Delta DOST \Sigma 3 AI$ is geprojecteerd op een ondergrond met deze aardbevingsinformatie. Hieruit blijkt dat de waardedaling berekend met de $\Delta DOST \Sigma 3 AI$ de contouren van aardbevingen en events behoorlijk goed volgt, en dat de maxima ook gelokaliseerd zijn op de plaatsen waar je deze ook zou verwachten. Ook de uitdoving volgt de contouren behoorlijk goed.

Figuur 4: Waardedaling berekent met $(\log(1+\Delta DOST \Sigma 3))$ geprojecteerd op de aardbevings/bodemdalingskaart van Groningen
Recente aardbevingen zwaarder dan 2 op schaal van Richter

