

**D**e invloed van sinkholes op de waarde van woningen, in de Amerikaanse staat Florida  
Een onderzoek in Orange County, Florida

17-9-2016

Rijksuniversiteit Groningen

Niels Zwetsloot



# De invloed van sinkholes op de waarde van woningen, in de Amerikaanse staat Florida

Een onderzoek naar de mate van waardevermindering van woningen in Orange County, Florida

Document: Master thesis Real Estate Studies

Datum: 17-9-2016

Scriptiebegeleider: Prof. dr. ir. A.J. (Arno) van der Vlist  
Tweede beoordelaar: dr. M. (Mark) van Duijn

Auteur: Niels Zwetsloot

Studentnummer: s1867717

Telefoon: +31 6 81738813

Adres: Regulusstraat 47, 9742 LM Groningen

Rijksuniversiteit Groningen  
Ruimtelijke Wetenschappen  
Landleven 1, 9749 AD Groningen



## Disclaimer

“Master theses are preliminary materials to stimulate discussion and critical comment. The analysis and conclusions set forth are those of the author and do not indicate concurrence by the supervisor or research staff.”

## Voorwoord

Voor u ligt mijn master thesis die het einde markeert van mijn studententijd in Groningen en ter voltooiing dient van de master Real Estate Studies aan de Rijksuniversiteit Groningen.

Het onderwerp van deze thesis is er een waar ik een half jaar geleden zelf niet was opgekomen. Het onderzoek wat ik oorspronkelijk wilde doen werd namelijk gepubliceerd door het Centraal Plan Bureau, waardoor ik een ander onderwerp moest bedenken. Dankzij de heer van der Vlist, die mijn begeleider was, kreeg ik de kans om via een dataset van de woningwaarde in Orange County, Florida een verkennend onderzoek te doen naar de invloed van sinkholes op de woningwaarde. Een problematiek die mij onbekend was. Toen het onderzoek echter vorderde ben ik me zeer bewust geworden van de omvang en de impact die het heeft in Florida.

Dit onderzoek heeft me naast inhoudelijke kennis over de sinkhole-problematiek ook veel geleerd over onderzoek doen in het algemeen. Ik wil daarbij vooral de heer van der Vlist bedanken voor het geduld, de motiverende woorden en de inzichten die hij met mij heeft gedeeld. Dankzij zijn begeleiding kan ik u deze thesis presenteren.

Ook wil ik graag mijn familie, vrienden en vriendin bedanken die mij bewust en onbewust van inspiratie en motivatie hebben voorzien op de momenten dat ik wel even klaar was met dit onderzoek.

Tot slot wil ik u veel plezier wensen met het lezen van deze thesis.

Niels Zwetsloot

Groningen, september '16

## Samenvatting

In de Amerikaanse staat Florida vormen sinkholes, in Nederland ook wel bekend als zinkgaten, een veelvoorkomend en groeiend fenomeen. Sinkholes ontstaan door het instorten van ondergrondse holtes in poreuze bodemsoorten. Deze holtes ontstaan voornamelijk doordat grondwater uit een ondergrondse holte verder de bodem in sijpelt, of doordat het voor landbouw- en drinkwaterdoeleinden naar de oppervlakte wordt gehaald. Het ontstaan steeds meer sinkholes in Florida. Een voorname reden is omdat het grondwatergebruik in de afgelopen 60 jaar met 465 procent is toegenomen.

Sinkholes kunnen een groot effect hebben op waardering van de directe leefomgeving van mensen. Deze waardering is gedeeltelijk monetair inzichtelijk te maken wanneer men kijkt naar (de verandering van) woningwaardes. De literatuur noemt drie mechanismes waarom natuurrampen, zoals sinkholes, effect hebben op woningwaardes. Als eerste noemt de literatuur een negatief effect van natuurrampen op woningwaardes doordat er schade aan een huis is ontstaan die nog niet gerepareerd is. Ten tweede is er kans op potentiële schade aan woningen door nieuwe soortgelijke natuurrampen. Tot slot is er ook de angst van mensen voor natuurrampen die vooral sociale schade, zoals een onveilig gevoel, oplevert. In dit onderzoek is geprobeerd een antwoord te formuleren op de hoofdvraag: *Welke invloed hebben sinkholes op de woningwaarde in Florida?* Voor dit onderzoek is een dataset verkregen voor het gebied Orange County, Florida.

Dit onderzoek is uitgevoerd op basis van de hedonische prijsmethode. Bij deze methode wordt verondersteld dat de totale waarde van een woning is opgebouwd uit een groep determinanten. Deze determinanten zijn in te delen in structurele, locatie specifieke, omgeving, en publieke determinanten. In een goed functionerende markt zal de prijs van een woning een optelsom zijn van al deze determinanten. Dit onderzoek is aan de hand van meervoudige regressies uitgevoerd. Het voorgestelde model gebruikt 278.678 transacties tussen 1985 en 2012. Daarnaast zijn via de Florida Department of Environmental Protection (FDEP) 204 gerapporteerde sinkholes verkregen in Orange County, Florida met coördinaten. Zowel de transacties als de sinkholes zijn als topografische data in het informatiesysteem GIS ingevoerd. Deze data zijn hierna in digitale vorm gebruikt om statistisch onderzoek te doen.

De sinkholes zijn met verschillende afstandscirkels in kaart gebracht om het effect van sinkholes op de woningwaarde per afstand te kunnen meten. Deze afstandscirkels zijn respectievelijk 100, 500, 1000 en 1500 meter. Ook alle transacties zijn in deze GIS-kaart gezet zodat er een overlap ontstaat tussen woningen en sinkholes. Op deze manier is de afstand van een sinkhole naar een woning vastgesteld

om het mogelijke effect goed te kunnen meten. Daarnaast zijn verschillende woning- en locatiekarakteristieken opgenomen in de regressie voor een totaalbeeld.

In de modellen die geschat zijn, is een significant negatief effect gevonden van 5,3% die sinkholes, in een straal van 100 meter van een woning, hebben op de woningwaarde. De invloed van een sinkhole op een woning is afhankelijk van de afstand die een sinkhole heeft tot een woning. Dit is ook inzichtelijk gemaakt in de regressie waar het effect van een sinkhole op 500 meter, 1000 meter en 1500 meter op de woningwaarde respectievelijk -2,85%, -2,09% en -0,57% is. Deze uitkomst komt overeen met de literatuur die noemt dat wanneer een natuurramp verder van een woning is, deze minder invloed op de woningwaarde heeft.

De robuustheid van de uitkomsten van dit onderzoek zijn met behulp van de Chow-test. In de Chow-test is onderzocht welk effect de leeftijd van een woning heeft wanneer wordt gekeken naar de invloed van sinkholes op de woningwaarde. Woningen die gebouwd zijn voor 1940 laten een groter significant verschil in de woningwaarde zien dan woningen die gebouwd zijn na 2001. De redenen hiervoor kunnen per individueel huis verschillen en daarom is hier geen eenduidige verklaring voor te geven. Het effect dat een sinkhole heeft op woningen verschilt ook significant wanneer gecorrigeerd wordt voor de grootte van de woning. De woningwaarde van kleinere woningen (tot ongeveer 90 vierkante meter) ondervindt een negatief effect van 1.7% van een sinkhole in de omgeving. De woningwaarde van woningen rond de 300 vierkante meter ondervinden een negatief effect van bijna 6%. Dit zou kunnen impliceren dat huiseigenaren met een duurder huis sinkholes zwaarder laten wegen in hun woongenot dan mensen die in een goedkoper huis wonen.

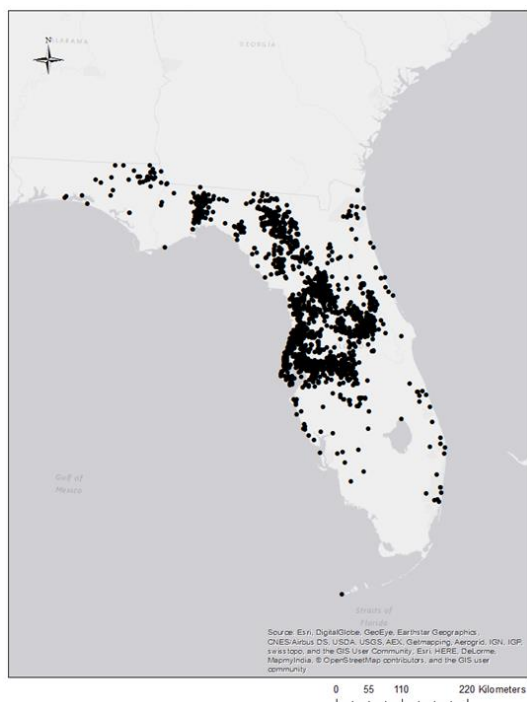
# Inhoudsopgave

1. Inleiding .....	7
1.1 Aanleiding .....	7
1.2 Probleemstelling .....	8
1.3 Doelstelling .....	9
1.4 Conceptueel model .....	9
1.5 Onderzoeksvragen en methodiek .....	9
1.6 Leeswijzer .....	10
2. Theoretisch kader .....	11
2.1 Woningwaarde.....	11
2.2 De invloed van natuurrampen op woningwaarde .....	14
2.3 Hypothese.....	16
3. Onderzoeksmethode .....	17
3.1 Methodologie .....	17
3.2 Onderzoeksgebied en data .....	19
3.3 Operationalisatie.....	20
3.4 Beschrijvende statistiek .....	22
3.5 Model aannames.....	24
4. Analyse en Resultaten .....	25
4.1 Regressieresultaten.....	25
4.2 Robuustheidsanalyse .....	27
5. Conclusies en Aanbevelingen .....	29
5.1 Conclusie.....	29
5.2 Aanbevelingen.....	30
5.3 Reflectie .....	31
Literatuurlijst.....	32
Appendices .....	36

# 1. Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Sinkholes, in Nederland ook wel bekend als zinkgaten, zijn in de Amerikaanse staat Florida een veelvoorkomend en groeiend fenomeen. Per jaar gaat het om ongeveer duizend gerapporteerde gevallen (Brinkmann, 2013). Een sinkhole ontstaat door het instorten van een ondergrondse holte in een poreuze bodemsoort. Er zijn twee oorzaken voor het ontstaan van deze holte. Allereerst kan een holte ontstaan door erosie van poreus gesteente doordat natuurwater verder de bodem in sijpelt en een holte achterlaat. De tweede oorzaak van het ontstaan van ondergrondse holtes is het gevolg van erosie door water dat, als gevolg van menselijk handelen, juist naar de oppervlakte wordt gehaald en een holte achterlaat (The Independent, 2014). De frequentie en de grootte van sinkholes is afhankelijk van de bodemsoort (Waltham, Bell & Culshaw, 2007).



**Figuur 1: Locaties van geregistreerde sinkholes in Florida**

Zoals in figuur 1 te zien is, is er een cluster van sinkholes in West-Centraal Florida. Dat sinkholes niet iets van de laatste jaren zijn blijkt uit het feit dat de meeste meren in West-Centraal Florida ook sinkholes zijn die hun oorsprong zo'n twee tot vijf miljoen jaar geleden vinden (Sinclair et al., 1985). Het ontstaan van sinkholes in West-Centraal Florida is groeiend. Tihansky (1999) zegt dat dit correspondeert met de toenemende ontwikkeling van grondwatergebruik aan de oppervlakte. Zo is volgens Marella (2014) het grondwatergebruik tussen 1950 en 2005 met 465 procent toegenomen. De eerder genoemde toenemende groei van sinkholes zorgt voor bezorgdheid van vastgoedeigenaren en bewoners van huizen die in regio's liggen waar deze sinkholes ontstaan. De woningwaarde wordt namelijk beïnvloed door de

karakteristieken van de woning en de directe omgeving. Zelfs de waarschijnlijkheid van het ontstaan van een sinkhole zal een negatieve invloed hebben op de woningwaarde (Gawande en Jenkins-Smith, 2001).

Eerder onderzoek naar de gevolgen van natuurrampen op de woningwaarde heeft aangetoond dat een natuurramp een significante vermindering van de woningwaarde veroorzaakt. Hoewel er niet eerder onderzoek is gedaan naar het effect van sinkholes op de woningwaarde is er wel onderzoek gedaan naar aardbevingen (Shilling et al., 1985; Brookshire et al., 1985; Thayer et al., 1985; Naoi et al., 2009;

Beron et al., 1997; Koster & van Ommeren., 2015), orkanen (Simmons et al., 2002; Hallstrom & Smith, 2005), overstromingen (MacDonald et al., 1987; Speyrer & Ragas, 1991) en bosbranden (Loomis, 2004; Donovan et al., 2007) en hun invloed op woningwaarde. In deze onderzoeken is aangetoond dat woningwaarde en de verandering ervan een weerspiegeling zijn van hoe consumenten hun woning en de buurt waarderen. Koster en van Ommeren (2015) noemen drie mechanismen die uitzetten waarom natuurrampen, in het specifiek aardbevingen, invloed hebben op de veranderde waardering van woningwaardes door consumenten. Het eerste mechanisme is dat eerdere natuurrampen schade hebben veroorzaakt aan een woning die daarna nog niet is gerepareerd. Het tweede mechanisme is dat men verwacht dat eerdere natuurrampen een signaal zijn dat er een grotere kans is op schade door natuurrampen in de toekomst, die op hun beurt weer kosten veroorzaken. Het derde mechanisme houdt in dat eerdere natuurrampen voor niet-monetaire kosten kunnen zorgen. Deze kosten kunnen onder andere (fatale) verwondingen zijn, maar behelzen in principe alle kosten die passen bij een onveilig gevoel als gevolg van natuurrampen. Samengevat zullen consumenten hun woning dus financieel lager waarderen door schade aan hun woning, potentiële schade aan hun woning en een onveilig gevoel. Deze uitkomst komt overeen met eerder onderzoek (Shilling et al., 1985; Brookshire et al., 1985; Thayer et al., 1985). Beron et al. (1997) laten een soortgelijke uitkomst zien in hun onderzoek, maar vinden daarbij ook dat individuen in eerste instantie de kans op een aardbeving overschatten. Daarnaast laten Naoi et al. (2009) zien dat in Japan, nadat een aardbeving heeft plaatsgevonden, de woningwaarde significant lager wordt dan het al was met ‘slechts’ het risico op een aardbeving en ze hun woningwaarde wellicht iets overschatten. De overeenkomstige conclusie van Beron et al. (1997) en Naoi et al. (2009) laat het directe gevolg zien van een natuurramp op de woningwaarde, met de aantekening dat zowel de kans op een natuurramp als de verandering van de woningwaarde als gevolg van een natuurramp overschat kan worden.

Ondanks de verschillende onderzoeken naar het effect van natuurrampen op de woningwaarde is onderzoek naar sinkholes en hun effect op de woningwaarde tot op heden niet uitgevoerd. Dit onderzoek zal een eerste aanzet zijn om de economische gevolgen die sinkholes met zich meebrengen te onderzoeken en specifiek zal dit onderzoek zich richten op de waardeverandering van woningen.

## **1.2 Probleemstelling**

Er is tot op heden geen inzicht verkregen in welke invloed sinkholes in Florida hebben op de woningwaarde in hun directe omgeving.

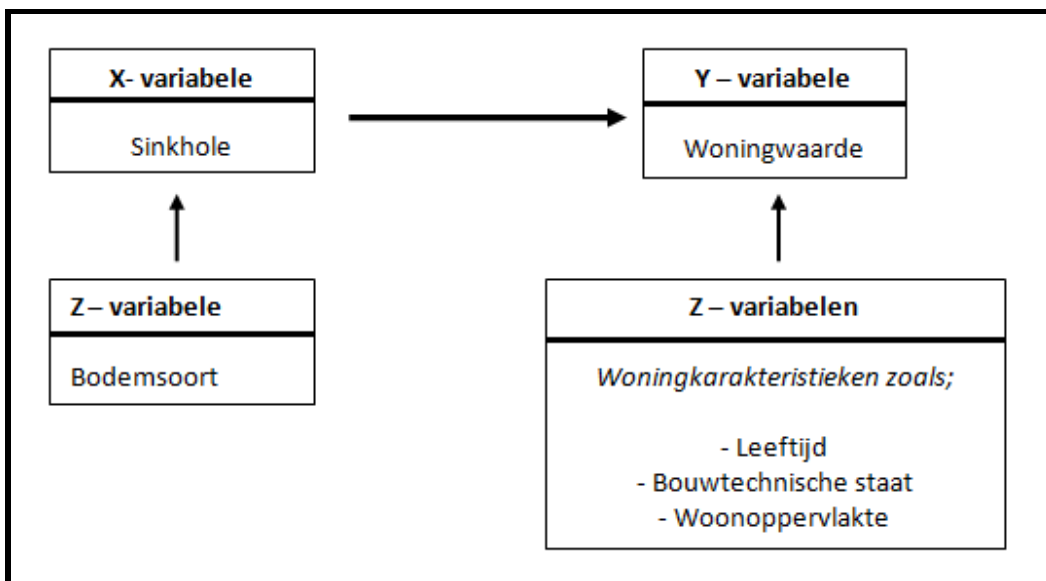


### 1.3 Doelstelling

Dit onderzoek heeft als doel inzicht te verschaffen in welke invloed sinkholes in Florida hebben op de woningwaarde van huizen in de directe omgeving.

### 1.4 Conceptueel model

In dit onderzoek zal onderzocht worden hoe groot de externe invloed van sinkholes op de woningwaarde is. Daarnaast zijn er verschillende factoren die van belang zijn in de bepaling van de woningwaarde. De bodemsoort speelt een rol in de frequentie en grootte van sinkholes (Waltham, Bell & Culshaw, 2007). Eerder onderzoek heeft al aangetoond dat bodemsoorten een goede voorspeller zijn van het ontstaan van een natuurramp en daarom bij voorbaat al een verlagend effect hebben op de woningwaarde. (Julio-Miranda et al., 2012). Daarom wordt deze variabele meegenomen in dit onderzoek. Woning- en omgevingselementen bepalen samen de woningwaarde (Bourassa, Cantoni & Hoesli, 2009). Deze elementen zullen ook worden meegenomen in het hedonisch prijsmodel om de woningwaarde te bepalen. Alle genoemde elementen leiden tot het volgende conceptuele model in figuur 2.



**Figuur 2: Conceptueel model**

### 1.5 Onderzoeksvragen en methodiek

In dit onderzoek wordt de volgende hoofdvraag beantwoord:

*Welke invloed hebben sinkholes op de woningwaarde in Florida?*

Om tot de beantwoording van deze hoofdvraag te komen zullen de volgende deelvragen worden onderzocht:

1. *Wat is het theoretisch effect van natuurrampen op de woningwaarde?*

Deze deelvraag zal beantwoord worden aan de hand van literatuuronderzoek. Ondanks het feit dat er nog geen onderzoek is gedaan naar het effect van sinkholes op de woningwaarde zijn er verschillende onderzoeken geweest naar natuurrampen en hun invloed op woningwaarde. Zo is er onder andere onderzoek gedaan naar aardbevingen (Shilling et al., 1985; Brookshire et al., 1985; Thayer et al., 1985; Naoi et al., 2009; Beron et al., 1997; Koster & van Ommeren, 2015), orkanen (Simmons et al., 2002; Hallstrom & Smith, 2005), overstromingen (MacDonald et al., 1987; Speyrer & Ragas, 1991) en bosbranden (Loomis, 2004; Donovan et al., 2007) en hun invloed op de woningwaarde. Deze onderzoeken zullen als basis dienen om tot een deelconclusie te komen.

2. *Wat zijn de gevolgen van een sinkhole op de woningwaarde en in welke mate speelt de afstand tot een sinkhole een rol?*

Deze deelvraag zal deels uit de beschrijvende data beantwoord worden, deels vanuit een theoretisch kader die ruimtelijke effecten van andere natuurrampen beschrijft en deels door het gebruikte empirische model.

3. *Zijn er factoren die het effect van sinkholes op de woningwaarde afzwakken of versterken?*

Binnen het onderzoeksgebied zullen verschillende factoren van invloed zijn op de mate waarin een sinkhole invloed heeft op de woningwaarde. Hierbij valt onder andere te denken aan de bodemsoort. De staat Florida herbergt verschillende bodemstructuren en daarom zal getoetst worden of de bodemstructuur van invloed is op het type sinkhole en zijn effect op de woningwaarde. Daarnaast zal het heterogene karakter van de woning, zoals de leeftijd van een woning, de waarde van een woning en bouwtechnische aspecten van een woning worden meegenomen in het onderzoek naar het effect van een sinkhole op de woningwaarde. Om tot de beantwoording van deze deelvraag te komen zullen karakteristieken die in eerder onderzoek significantie toonden worden gebruikt en zal door middel van een CHOW-test worden onderzocht wat de invloed van verschillende karakteristieken is op de woningwaarde.

## 1.6 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 zal het theoretisch kader van dit onderzoek beschrijven. Hierin zal de eerste deelvraag worden behandeld die in gaat op de theoretische invloed die een natuurramp heeft op de woningwaarde. Hierin zal vanuit het brede concept van het hedonisch prijsmodel een vertaalslag gemaakt worden richting het reageren van de huizenmarkt op natuurrampen in het algemeen en sinkholes in het specifiek. In **Hoofdstuk 3** zal de gebruikte data van woningtransacties en sinkholes beschreven worden. Ook zal het empirisch model geformuleerd worden. In **Hoofdstuk 4** zal door middel van de regressieresultaten besproken worden welke karakteristieken invloed hebben op de woningwaarde. Tot slot zal **Hoofdstuk 5** een overzicht bieden van dit onderzoek door middel van een reflectie, conclusie en aanbevelingen.

## 2. Theoretisch kader

In dit hoofdstuk zal via literatuurstudie tot de beantwoording van de deelvraag ‘Wat is het effect van natuurrampen op woningwaarde?’ gekomen worden. De literatuur over natuurrampen is zeer uitgebreid en niet altijd unaniem. In dit hoofdstuk wordt daarom eerst door middel van het theoretisch kader van Stull (1975) vanuit een breder perspectief gekeken hoe de woningwaarde is opgebouwd. Om het effect van sinkholes op de woningwaarde te begrijpen zal daarna een meta-analyse gedaan worden naar andersoortige natuurrampen en hun effect op woningwaarde. Hiervoor is de theorie van Koster & van Ommeren (2015) als leidraad gebruikt. De uitkomsten van deze onderzoeken zullen aantonen welke relatie er verwacht mag worden tussen sinkholes en woningwaardes.

### 2.1 Woningwaarde

#### 2.1.1 Nutmaximalisatie

Woningen zijn producten die gedifferentieerd zijn en die een grote mate van heterogeniteit hebben. De transactiewaarde van woningen wordt bepaald op de vastgoedmarkt door consumenten die bereid zijn om een bedrag te betalen om eigenaar te worden van een woning. De woningwaarde is een verzamelbedrag van individuele karaktereigenschappen die elk een eigen waarde hebben. Rosen (1974) heeft de volgende vergelijking (1) opgesteld om deze relatie te beschrijven:

$$(1) \quad Z = Z_1, Z_2, \dots, Z_n$$

Z staat hier voor een woning en  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  zijn de verschillende karaktereigenschappen die het huis heeft. De woningwaarde kan dus gezien worden als de optelsom van individuele karaktereigenschappen (Rosen, 1974; Sheppard, 1999). De waarde van een woning (P) wordt bepaald door de waarde van de individuele karaktereigenschappen die in vergelijking (2) is opgesteld:

$$(2) \quad P(z) = p(Z_1, Z_2, \dots, Z_n)$$

De karaktereigenschappen van een woning kunnen omschreven worden als onderdeel van de nutfunctie die geleverd wordt aan een consument. De woningwaarde wordt dus bepaald naar aanleiding van de vraag naar de nutfunctie. Daarnaast bepaalt ook de welwillendheid van een consument om voor deze nutfunctie te betalen de woningwaarde (Bouwmeester, 2004). De welwillendheid van de consument om te betalen voor de nutfunctie hangt af van de meerwaarde dan wel de kostenpost die deze nutfunctie met zich meebrengt. De meerwaarde kan bestaan uit een

financieel bedrag, maar kan ook bestaan uit nutmaximalisatie (U). De relatie tussen het nut voor de consument en de verzameling van nutfuncties is uiteengezet in vergelijking (3):

$$(3) \quad U = U(x_1, x_2, x_n; Y)$$

In vergelijking (3) staat x voor de verscheidene nutfuncties en Y voor het inkomen van de consument. De consument die nutmaximalisatie nastreeft zal, afhankelijk van de individuele situatie, zoeken naar een zo hoog mogelijk nut binnen de mogelijkheden die iemand heeft op dat moment (Goodman, 1998). Deze mogelijkheden worden gelimiteerd door het inkomen en het vermogen waarover de consument kan beschikken. Daarnaast wordt nutmaximalisatie bepaald door de aanwezigheid van de gevraagde nutfuncties. Het maximaliseren van nut wordt dus behaald wanneer met het inkomen en vermogen dat iemand heeft een maximale consumptie kan worden bereikt van de nutfunctie (Laakso & Loikkanen, 1992).

### 2.1.2 Determinanten woningwaarde

Onderzoek naar woningwaarde wordt uitgevoerd door gebruikt te maken van veel karaktereigenschappen. Stull (1975) heeft vier determinanten vastgesteld om de karaktereigenschappen in te delen, die met voorbeelden in tabel 1 te zien zijn.

**Tabel 1: Determinanten van woningwaarde**

Determinanten	Voorbeelden
<b>Structurele</b>	Perceeloppervlakte, woonoppervlakte, aantal kamers
<b>Bereikbaarheid</b>	Afstand naar centrum, afstand naar snelwegen, afstand naar aantrekkelijke natuurgebieden
<b>Omgeving / buurt</b>	Inkomen van een buurt, etnische samenstelling, soort onderwijsinstellingen, criminaliteit, luchtvervuiling, kans op natuurramp
<b>Publieke</b>	Belastingen, aantal publieke voorzieningen, kwaliteit publieke voorzieningen

Structurele determinanten zijn alle variabelen die gerelateerd zijn aan de fysieke structuur van de woning en het perceel. Structurele karakteristieken zijn de primaire onderdelen van de economische waarde van een woning, aangezien deze de grootste nutfunctie vormen voor eigenaren en/of gebruikers (Bajic, 1984). De woningwaarde zal stijgen naarmate er meer kamers, verdiepingen of vierkante meters aan perceeloppervlakte zijn. Deze variabelen zijn accurater en hebben meer gewicht als onderdeel van woningwaarde dan de afstand naar bijvoorbeeld een natuurgebied. Dit betekent dat structurele determinanten het belangrijkste onderdeel zijn in de woningwaarde (Bajic, 1984).

Bereikbaarheidsdeterminanten meten de afstand of reistijd van een woning naar een specifieke bestemming. Zo kan een woningwaarde positief beïnvloed worden doordat het in de nabijheid van een openbaar natuurgebied ligt of negatief beïnvloed worden doordat het dicht bij een vervuilende fabriek staat. Toegankelijkheid van een positieve faciliteit verhoogt de woningwaarde omdat de transportkosten laag zijn, wat voordelig is voor een huishouden (Forrest, Glen & Ward, 1996; Sanchez, 1993).

Omgeving- of buurtdeterminanten hebben betrekking op de ruimtelijke omgeving van woningen en refereren naar de sociale en fysieke faciliteiten in een buurt (Stull, 1975). Waar bereikbaarheidsdeterminanten refereren naar de bereikbaarheid van deze faciliteiten omschrijven omgeving- of buurtdeterminanten de ruimtelijke aspecten van de buurt en de kwaliteit ervan. Verschillende onderzoeken hebben de invloed van positieve omgevingsdeterminanten, zoals mooie uitzichten of de aanwezigheid van parken, op de woningwaarde onderzocht. Er is ook onderzoek gedaan naar negatieve omgevingsdeterminanten zoals geluidsoverlast door de nabijheid van een vliegveld (Nelson, 1979), etnische samenstelling van een buurt (Schnare, 1976), luchtvervuiling (Murdoch & Thayer, 1988) en aanleg van snelwegen (Levkovich et al., 2015). Natuurrampen zijn ook in te delen bij omgevingsdeterminanten. Omdat dit onderzoek geïnteresseerd is in een omgevingsdeterminant zal er een specifieke meta-analyse volgen in paragraaf 2.2 die het effect van natuurrampen op de woningwaarde beschrijft.

Tot slot zijn publieke determinanten van invloed op de woningwaarde. Voorbeelden van publieke determinanten zijn onder andere belastingen, rente en de hoeveelheid publieke voorzieningen in de buurt van een woning.

De determinanten die genoemd zijn in tabel 1 zijn hedonische karakteristieken die individuele karakteristieken van een woning vormen en samen de totale woningwaarde bepalen. Deze karakteristieken verklaren waarom de waarde van een bepaalde woning in de ene regio soms verschilt van een soortgelijke woning in een andere regio, maar ook waarom dezelfde soort woning in dezelfde regio soms in waarde verschilt.

### **2.1.3 Hedonisch prijsmodel**

Via hedonische karakteristieken kan met het traditionele hedonische model van Rosen (1974) de waarde van woningen worden bepaald. Het hedonische model veronderstelt een verband tussen de woningwaarde en de bundeling van individuele determinanten waar geen directe markt voor is om over de waarde van deze determinanten te onderhandelen. Daarom wordt aan deze determinanten een impliciete prijs toegekend. De hedonische benadering gaat uit van een evenwichtssituatie in de woning- en arbeidsmarkt. Wanneer de markt niet in evenwicht is, is dat een tijdelijke conditie,

aangezien door migratie de markt zich weer zal aanpassen tot er een nieuw evenwicht is. Het hedonisch prijsmodel is een beproefde methode gebleken om de invloed van de determinanten, die in tabel 1 genoemd worden, op de woningwaarde te bepalen.

## **2.2 De invloed van natuurrampen op woningwaarde**

De invloed van natuurrampen op de woningwaarde is in meerdere onderzoeken beschreven (Shilling et al., 1985; Brookshire et al., 1985; Thayer et al., 1985; Naoi et al., 2009; Beron et al., 1997; Koster & van Ommeren, 2015; Simmons et al., 2002; Hallstrom & Smith, 2005; MacDonald et al., 1987; Speyrer & Ragas, 1991; Loomis, 2004; Donovan et al., 2007). De insteek van deze onderzoeken is grofweg in twee groepen te plaatsen. Enerzijds is er een groep onderzoeken die het effect van het mogelijk optreden van een natuurramp op de woningwaarde heeft onderzocht, anderzijds is er een groep die het effect van een opgetreden natuurramp heeft onderzocht. Deze twee soorten onderzoeken zullen hieronder uiteen worden gezet.

Een lagere woningwaarde is volgens Koster en van Ommeren (2015) onder andere het gevolg van een onveilig gevoel door het mogelijk optreden van een natuurramp. Dit ontstaat doordat het anticiperen op natuurrampen lastig is. De frequentie en impact van natuurrampen verschillen en daarnaast is de plek waar de natuurramp schade aanricht nagenoeg nooit hetzelfde. In verschillende onderzoeken worden daarom op basis van historische en geografische gegevens gebruik gemaakt van 'Special Studies Zones' (Brookshire et al., 1985; Bin & Polansky, 2004; Beron et al., 1997; Speyrer & Ragas, 1991). Deze 'Special Studies Zones' dienen als afbakeningsgebied van het effect van de natuurramp op de woningwaarde. Daarnaast worden woningen binnen een onderzoeksgebied vaak vergeleken met soortgelijke huizen buiten dit gebied om het verschil in woningwaarde door anticipatie effecten te kunnen onderzoeken. Het gebied tussen Los Angeles en San Francisco wordt bijvoorbeeld gebruikt als 'Special Studies Zone', omdat in dit gebied een aantoonbaar hoog risico op seismische activiteit is (Brookshire et al., 1985). In het gebied tussen Los Angeles en San Francisco is de woningwaarde door dit hogere risico 5,6 procent lager dan vergelijkbare huizen buiten deze zones. De anticipatie effecten van overstromingen kunnen ook afgebakend worden in 'Special Studies Zones' (Bin & Polasky, 2004). De overstroming van een gebied is net als aardbevingen lastig te voorspellen, maar er zijn wel eerder aantoonbare aanwijzingen dat een overstroming dreigt. Vaak beperkt een overstroming zich tot een bepaald gebied doordat een hoger gelegen gebied voor een natuurlijke grens zorgt. Hierdoor kan een Special Studies Zone relatief eenvoudig worden bepaald. De waarde van woningen kan als gevolg van het feit dat ze in een 'Special Studies Zone' staan, zonder dat er op dat moment direct gevaar dreigt, tot bijna 4 procent lager zijn dan de waarde van de woningen buiten deze zone.

'Special Studies Zones' worden ook gebruikt om onderzoeksgebieden af te bakenen nadat de natuurramp is opgetreden (Murdoch et al., 1993; Naoi et al., 2009; Hallstrom & Smith, 2005; Bin &

Polasky, 2004). Koster en van Ommeren (2015) noemen twee oorzaken die op een directe manier een verlaging van de woningwaarde veroorzaken door een ontstane natuurramp. Zo zorgt de schade die een ramp heeft aangericht aan een woning voor een verlaging van de woningwaarde. Ook de potentiële schade die een volgende ramp kan veroorzaken zorgt voor een verlaging van de woningwaarde. De grootte van deze verlaging hangt af van hoe recent een natuurramp is opgetreden en de impact die het heeft gehad op de omgeving. Naar aanleiding van de Loma Prieta aardbeving zijn meerdere onderzoeken gedaan welk effect deze natuurramp had op woningwaarde. Nadat de aardbeving in 1989 plaatsvond is er data verzameld van woningwaardes voor en na de aardbeving (Murdoch et al., 1993). Er werd een lagere woningwaarde gevonden van 3,7 procent in vergelijking met huizen buiten het onderzoeksgebied voordat de aardbeving had plaatsgevonden, wat duidt op een anticipatie effect. Nadat de aardbeving had plaatsgevonden werd er een extra verlaging van 2 procent van de woningwaarde gevonden. Dit betekent dus dat de verlaging van de woningwaarde in een aardbevingsgevoelig gebied significant groter wordt nadat de ramp is opgetreden. Deze uitkomst wordt geïnterpreteerd als een onderschatting van het aardbevingsrisico, doordat voorgaande aardbevingen niet meer in het collectieve geheugen van de bewoners in het gebied zitten (Naoi et al., 2009). Er wordt tot een nieuwe evenwichtsprijs gekomen die zorgt dat de woningwaarde hoger ligt. Dit effect is ook gevonden door Hallstrom en Smith (2005). Een orkaan heeft door zijn onvoorspelbare route een grote ‘Special Studies Zone’ waar anticipatie effecten te meten zijn. Nadat de orkaan aan kracht verloren heeft en de schade opgemaakt kan worden is het vaak vrij duidelijk tot waar het onderzoeksgebied zich voor deze specifieke orkaan uitstrekt. Omdat de frequentie van een orkaan in bepaalde gebieden zo laag is, kan een nieuwe evenwichtsprijs ontstaan die het anticipatie effect op de woningwaarde nihil maakt. Een orkaan die schade veroorzaakt in een gebied waar lang geen orkaan schade heeft gemaakt kan dan voor een aanzienlijke verlaging van de woningwaarde zorgen tot 19 procent.

Een natuurramp zoals een bosbrand is door uitgestrekte bossen en de lage bevolkingsdichtheid in Noord-Amerika een ramp die grote gebieden kan bedreigen. Ook hier is een gebiedsafbakening noodzakelijk om het effect van deze ramp op de woningwaarde te onderzoeken. Een ‘Special Studies Zone’ is echter voor een dergelijke ramp moeilijker af te bakenen omdat de verspreiding van vuur vaak niet gelimiteerd wordt door fysieke barrières (Loomis, 2004). De bepaling van het effect van een bosbrand op de woningwaarde is moeilijker vast te stellen dan voor andere natuurrampen (Donovan et al., 2007). De daling van de woningwaarde door de kans op een bosbrand is onderhevig aan de mate waarin bewoners worden voorzien van informatie. Doordat de juiste informatie over risico’s van natuurrampen niet altijd gelijk verdeeld is over een regio is er een ruime bandbreedte in de verlaging van de woningwaarde van 3 tot 15 procent als gevolg van een bosbrand gevonden. Donovan et al. (2007) noemen dat het lanceren van een educatieve website met informatie over de frequentie, ontstaansredenen en risico’s van bosbranden ervoor zorgt dat mensen beter weten wat een bosbrand

voor hun woningen en de veiligheid van hun levens betekent. Doordat het ontstaan van een bosbrand objectief gemaakt wordt, kunnen mensen betere voorzorgsmaatregelen nemen en zich beter voorbereiden. Informatievoorziening kan op termijn leiden tot een woningwaarde die niet wordt beïnvloed door een bosbrand (Donovan et al., 2007).

## 2.3 Hypothese

Op basis van eerdere onderzoeken kan een aantal hypothesen worden opgesteld die in dit onderzoek wordt getoetst door middel van empirisch onderzoek. Om de invloed van sinkholes op de woningwaarde te bepalen, is het van belang dat er een significant effect is. Om het onderzoek te structureren zodat er een significant effect te vinden is, zal er een ‘Special Studies Zone’ worden bepaald. Deze zal zich in eerste instantie op Orange County, Florida als geheel richten, omdat hier transactiedata van woningen bekend zijn. Daarnaast zal ook worden gekeken naar de grondsoorten waar woningen op staan in sinkhole-gevoelige gebieden. Omdat de frequentie en de grootte van sinkholes afhankelijk zijn van de bodemsoort (Waltham, Bell & Culshaw, 2007) zal dit ook een factor zijn om voor te corrigeren. Uit onderzoek naar andersoortige natuurrampen is gebleken dat de invloed van natuurrampen op de woningwaarde een bandbreedte van 2 procent tot 19 procent tot gevolg heeft. Naar aanleiding van het theoretisch kader kunnen ook verwachtingen worden uitgesproken over de afstand van een sinkhole tot een woning. Er is namelijk gevonden dat in ‘Special Studie Zones’ significant lagere woningwaardes zijn doordat er een natuurramp is geweest of dreigt in vergelijking met huizen buiten dit studiegebied. Verder is door heterogeniteit van woningen een andere nutfunctie van huishoudens te verwachten. Mensen die meer financiële middelen te besteden hebben kunnen het gevaar van een sinkhole bijvoorbeeld zwaarder laten wegen in hun woongenot, terwijl mensen die minder te besteden hebben bijvoorbeeld moeilijker kunnen verhuizen of geen hoge eisen stellen aan hun huis. Naar aanleiding van bovenstaande verwachtingen zijn de volgende hypothesen geformuleerd:

*Hypothese 1: Een sinkhole leidt tot een lagere woningwaarde.*

*Hypothese 2: Naarmate een woning verder van een sinkhole gelegen is zal het effect op de woningwaarde kleiner zijn.*

*Hypothese 3: Door heterogeniteit van woningen zal het effect van sinkholes op de woningwaarde verschillen.*



### 3. Onderzoeksmethode

#### 3.1 Methodologie

Het onderzoek naar het effect van sinkholes op de woningwaarde in het omliggende gebied wordt uitgevoerd met behulp van de hedonische prijsmethode van Rosen (1974). Dit model gaat ervan uit dat verschillende karakteristieken, die samen de prijs van een product bepalen, door middel van een lineaire regressie ontleed kunnen worden uit de waargenomen transactiewaarde. Wanneer we  $Z$  nemen als vector van woningkarakteristieken die traditioneel gezien de prijs beïnvloeden en wanneer we  $P$  nemen als prijs, kan de hedonische prijsfunctie worden geschreven als:

$$(4) \quad P_{it} = P(Z, \rho)$$

Het doel is om het causale verband te onderzoeken van sinkholes op de woningwaarde. In dit onderzoek zullen ontstane sinkholes gebruikt worden als een determinant van de woningwaarde. Er wordt dus impliciet aangenomen dat huishoudens informatie van eerdere sinkholes gebruiken om het ontstaan van een nieuwe sinkhole te voorspellen. Als  $p_{it}$  staat voor de log van transactiewaarde per woning in ZIP-code  $i$  in jaar  $t$ , en constante  $\alpha$  de basiswaarde aangeeft, luidt de basisvergelijking die geschat wordt:

$$(5) \quad P_{it} = \alpha + \mu e_{it} + \beta x_{it} + \theta_t + \varepsilon_{it}$$

In vergelijking (5) zijn  $\mu$ ,  $\beta$  en  $\theta_t$  de parameters die geschat moeten worden en waar  $e_{it}$  het effect identificeert van waargenomen sinkholes.  $x_{it}$  identificeert de karakteristieken van een woning,  $\theta_t$  zijn jaar-effecten die corrigeren voor jaarlijkse prijsveranderingen en  $\varepsilon_{it}$  is een onafhankelijke error term.

Het probleem in vergelijking (5) is dat sinkholes willekeurig kunnen ontstaan in relatief aantrekkelijke gebieden (mooie uitzichten en veel voorzieningen) of niet aantrekkelijke gebieden (landelijke gebieden met weinig voorzieningen en/of vervuiling). Dit kan zorgen voor een correlatie tussen  $e_{it}$  en  $\varepsilon_{it}$ . Om hier voor te corrigeren worden er locatie dummy's gebruikt genoteerd als  $\eta_i$ . Deze dummies corrigeren voor alle niet geobserveerde ruimtelijke elementen die vast staan in de tijd op een 'ZIP-code niveau'. Dit is vergelijkbaar met een postcodegebied in Nederland. Ondanks deze effecten zijn er ook nog extra toegevoegde elementen in de ruimte die omgevingskarakteristieken genoemd kunnen worden. Als we deze omgevingskarakteristieken  $z_{it}$  aan de vergelijking toevoegen luidt de vergelijking:

$$(6) \quad P_{it} = \alpha + \mu e_{it} + \beta x_{it} + \gamma z_{it} + \eta_i + \theta_t + \varepsilon_{it}$$

De parameters die geschat worden geven coëfficiënten die aangeven in welke mate de afhankelijke variabele  $P_{it}$  wordt beïnvloed door de onafhankelijke variabelen.

Om het effect van sinkholes te onderzoeken, zal er gecorrigeerd worden voor woning- en omgevingskarakteristieken. Dit zal door middel van de CHOW-test<sup>1</sup> gebeuren. Deze test zal controleren of er een significant verschil<sup>2</sup> bestaat tussen woningwaardes die zijn beïnvloed door een sinkhole door het heterogene karakter van woningen. Het controleren voor dit heterogene karakter is een robuustheidstest om te kijken of onder verschillende omstandigheden de uitkomsten nog steeds in lijn met elkaar zijn. Om deze test uit te voeren zal een aantal keren een regressie uitgevoerd worden. De eerste regressie zal met alle casussen worden uitgevoerd. Hierna zal worden uitgesplitst naar huizen met verschillende woonoppervlakte. Omdat een groter woonoppervlakte een goede voorspeller is van nutmaximalisatie van huishoudens is voor deze variabele gekozen. Ook zal worden gekeken naar het bouwjaar van de woningen. Omdat in de dataset geen staat van onderhoud staat beschreven is deze variabele gebruikt om hier enigszins voor te corrigeren. Daarnaast zijn deze variabelen volgens verschillende onderzoekers van invloed op de woningwaarde en dienen ze na een natuurramp apart te worden meegenomen (Shilling et al., 1985; Thayer et al., 1985; Naoi et al., 2009; Simmons et al., 2002; Hallstrom & Smith, 2005; MacDonald et al., 1987; Speyrer & Ragas, 1991; Loomis, 2004; Donovan et al., 2007).

---

<sup>1</sup>

$$F = \frac{R \text{ Residual SS} - U \text{ Residual SS} / k}{U \text{ Residual SS} / (n - 2k)}$$

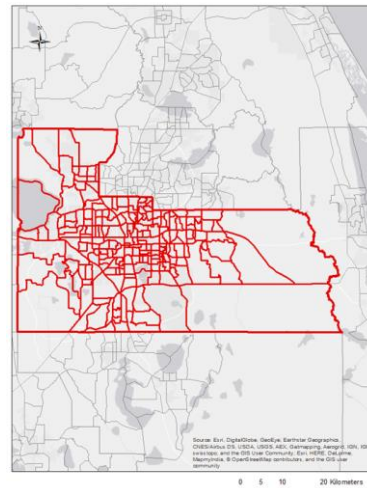
<sup>2</sup> Met behulp van de ‘F Distribution critical value table’ kan worden gekeken welke waarde de F-waarde die berekend is, heeft. Door middel van de kritieke waarde zal naar de significantie van F worden gekeken.

## 3.2 Onderzoeksgebied en data

Dit onderzoek richt zich op Orange County, Florida. Orange County, FL heeft ongeveer 1,3 miljoen inwoners en is gelegen in het midden van de Amerikaanse staat Florida (figuur 3a). Florida staat bij uitstek bekend om zijn vele sinkholes. In 2011 is een lijst opgesteld in welke County's in Florida de meeste sinkholes per jaar ontstaan (Munson, 2011). Orange County stond in deze lijst op nummer acht wat betreft sinkhole-frequentie. De dataset die gebruikt is, omvat elf stedelijke gebieden en 42 ZIP-code gebieden (figuur 3b).



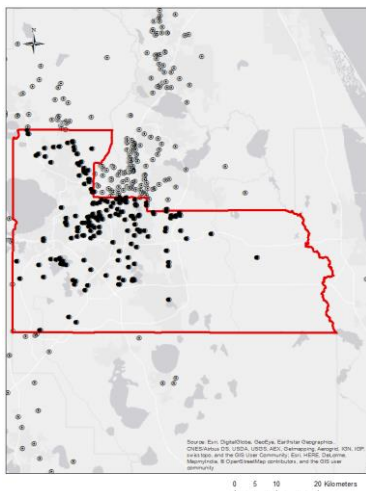
**Figuur 3a: Locatie van Orange County, FL**



**Figuur 3b: ZIP-codes in Orange County, FL**

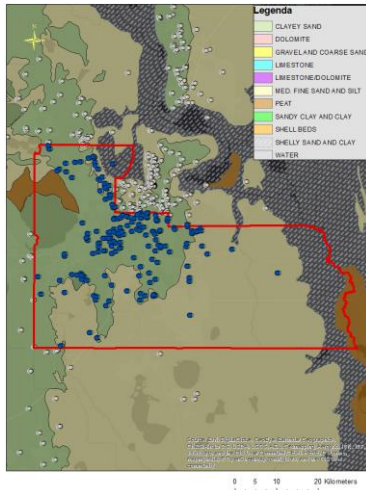
### 3.2.1 Geologische data

In dit onderzoek zal gebruik worden gemaakt van gerapporteerde meldingen die door de Florida Department of Environmental Protection (FDEP) zijn verzameld. Zij hebben een database van 3701 gerapporteerde incidenten in Florida tot en met het jaar 2015 die gebruikt zal worden. Niet elk incident is als sinkhole geverifieerd door een professionele geoloog met licentie, maar is wel een ingestorte holte in de bodem. Daarom is deze data geschikt om onderzoek te doen naar de invloed van sinkholes op de woningwaarde. In Orange County, FL zijn 204 gerapporteerde meldingen tussen 1961 en 2014 die in dit onderzoek zullen worden meegenomen (figuur 4).



**Figuur 4: Sinkholes in Orange County (zwart)**

In Florida zijn verschillende bodemstructuren. In deze bodemstructuren is de kans op het ontstaan van sinkholes verschillend. In poreus gesteente zal eerder erosie plaatsvinden, wat een voorwaarde is voor het ontstaan van sinkholes. Figuur 5 laat zien hoe de bodemstructuur er in Florida globaal uitziet.



**Figuur 5: Bodemsoorten in Florida**

Omdat de frequentie en de grootte van sinkholes volgens onderzoek ook afhankelijk is van de bodemsoort (Waltham, Bell & Culshaw, 2007) zal in de regressie daarom gecorrigeerd worden voor de bodemsoort. In Orange County, FL zijn drie grondsoorten waar verkregen woningtransacties op zijn. Deze zijn uiteengezet in tabel 5.

### 3.2.2 Data woningwaarde

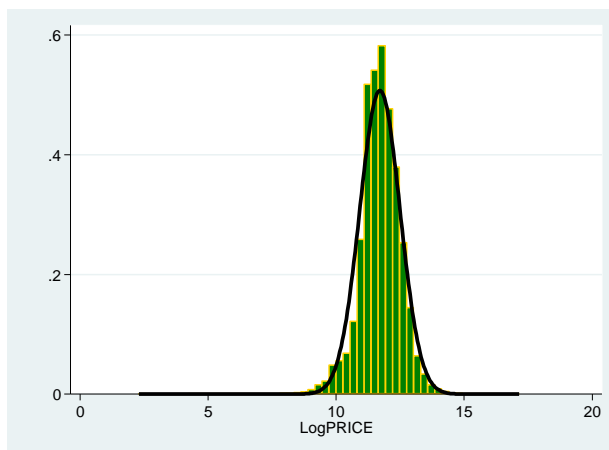
Het onderzoek is gebaseerd op een woningtransactie dataset van 'Woningdata Florida' voor Orange County. Deze dataset bestaat in totaal uit 395.168 observaties tussen 1985 en 2012. Deze originele dataset bevat 21 variabelen die onder andere de locatie, het bouwjaar, de transactiedatum en verschillende woningkarakteristieken beschrijven. Om de marktwaarde van woningen te gebruiken zal de transactiewaarde gebruikt worden. Van de 395.168 transacties zijn 304.099 transacties twee of meerdere keren van een enkele woning. In totaal zijn er tussen 1985 en 2012 in Orange County, FL 116.053 verschillende woningen verkocht.

## 3.3 Operationalisatie

### 3.3.1 Afhankelijke variabele

De afhankelijke variabele in dit onderzoek om de invloed van sinkholes op de woningwaarde te bepalen, is de transactieprijs. De transactieprijs is de marktwaarde die gecorrigeerd is naar tijd, vraag en aanbod en onderhandelingskracht van de aanbieder en vragende partij, en daarmee dus de uiteindelijk betaalde prijs van een woning. Hierbij kan worden aangetekend dat de meerderheid van de verkochte woningen meerdere malen zijn verkocht en dus door de tijd heen een verschillende

transactieprijs hebben. Er zijn in totaal 395.169 observaties tussen 1985 en 2012. Deze data is verkregen via een dataset van de transacties van woningen in Orange County, FL via de Orlando University. Omdat de transactieprijs een hoge kurtosis en skewness vertonen van respectievelijk 1874 en 20 is er voor gekozen om deze variabele te transformeren met een natuurlijk logaritme. Hierdoor is de transactieprijs normaal verdeeld, zoals is te zien in figuur 6, en kan het worden gebruikt in de regressie als afhankelijke variabele. De bandbreedte van de transactiewaardes is \$45.000,- en \$4.500.000. 80 procent van alle transacties valt binnen de grenzen. De weggelaten 20 procent uit dit onderzoek zijn extreme waardes die de betrouwbaarheid van de uitkomsten negatief zouden kunnen beïnvloeden, ook al betreffen deze waardes vaak wel geldige observaties.



**Figuur 6: Normale verdeling van Log van transactieprijs**

### **3.3.2 Onafhankelijke variabele**

Om het effect van sinkholes op de woningwaarde te onderzoeken is gebruik gemaakt van GIS. In GIS zijn alle gelokaliseerde sinkholes en alle transacties opgenomen. Uit eerder onderzoek is al gebleken dat naarmate een natuurramp verder van een woning plaatsvindt het effect ervan op de woningwaarde afneemt (Brookshire et al., 1985; Bin & Polansky, 2004). Daarom zijn er in GIS vier afstandsvariabelen gemaakt, namelijk: 100 meter, 500 meter, 1000 meter en 1500 meter. Om het directe effect van een sinkhole op de woningwaarde te onderzoeken is de afstandsvariabele van 100 meter gebruikt. Dit is een afstand waar zowel fysieke schade aan een woning kan hebben plaatsgevonden als een afstand waar het grootste gevoel van onveiligheid door bewoners kan worden ervaren. De totale verdeling van woningen tot een bepaalde afstand van een sinkhole is uiteengezet in tabel 5. De datum waarop een sinkhole is ontstaan, is aangegeven in hele jaren.

### **3.3.3 Fysieke woningkarakteristieken**

De fysieke woningkarakteristieken zijn de belangrijkste zichtbare onderdelen van de woningwaarde. Daarom zijn de oppervlaktematen van en rond de woning van belang. De variabelen die in dit onderzoek gebruikt worden zijn de totale woonoppervlakte en de totale perceeloppervlakte. Zowel de woonoppervlakte als de perceeloppervlakte laten een grote afwijking zien van een normale verdeling waardoor beide variabelen zijn getransformeerd naar een natuurlijk logaritme. Daarnaast is ervoor

gekozen om de perceeloppervlakte tussen de 50 vierkante meter en de 100.000 vierkante meter mee te nemen in de regressie. Het woonoppervlak is gelimiteerd tussen de 50 en 1500 vierkante meter. In Florida hebben huizen veelal een skelet van hout of van beton. Ook dit is een belangrijke onafhankelijke variabele om de woningwaarde te verklaren.

Naast de grootte van en rond de woning is een belangrijke karakteristiek van een woning de hoeveelheid kamers. In de dataset staat het aantal slaapkamers en badkamers beschreven. Hierbij moet worden uitgelegd dat in de Verenigde Staten '50' staat voor een enkel toilet, '100' voor een badkamer en bijvoorbeeld '150' voor een apart toilet en badkamer. Voor de analyse is gekozen om een bandbreedte van badkamers aan te houden tussen de '50' en '1000' en tussen de 1 en 10 slaapkamers. In de dataset wordt ook aangegeven of een woning een zwembad heeft. Deze variabele is een binaire variabele en bepaalt ook mede de prijs van een woning. De verdeling van fysieke woningkarakteristieken is opgenomen in appendix C.

Het bouwjaar en de datum waarop een huis is verkocht wordt aangegeven in hele jaren.

### **3.3.4 Locatie**

Tot slot zijn, om te corrigeren voor locatie, de verschillende steden in Orange County, FL en de verschillende ZIP-codes meegenomen in de regressie, uiteengezet in respectievelijk tabel 5 en appendix B. De dataset bevat ook non-metrische variabelen. Daarom zijn meerdere dummy variabelen en metrische variabelen gemaakt zodat alle variabelen als binaire en ratio data in dit onderzoek zijn opgenomen. Om de locatie van sinkholes en woningen inzichtelijk te maken is gebruik gemaakt van GIS. In appendix F is een overzicht van de gebruikte kaarten te zien.

## **3.4 Beschrijvende statistiek**

De aanpassingen aan de data die in dit onderzoek gebruikt worden zijn toegelicht in de bovenstaande paragrafen. Na bewerking zijn er nog 278.678 transacties over om het onderzoek uit te voeren. De variabelen zijn onderverdeeld in de waardes van woningen, de afstand van een woning tot een sinkhole, de bodemsoort waar een woning op staat, de fysieke woningkarakteristieken en de locatie van een woning. Een overzicht van de beschrijvende statistieken van alle variabelen die in de regressie zijn meegenomen wordt weergegeven in tabel 5.

**Tabel 5: Beschrijvende statistiek**

	Mean	SD	Min.	Max.
<b>Waardes</b>				
Price in \$ (1985-2012)	175748,3	169585,7	45000	4500000
Price (1985-2012)_log	11,851	0,619	10,717	15,318
<b>Sinkholes</b>				
Datum van ontstaan	1986	12,620	1961	2014
Aantal woningen binnen 100 meter van sinkhole	0,007		0	1
Aantal woningen binnen 101-500 meter van sinkhole	0,122		0	1
Aantal woningen binnen 501-1000 meter van sinkhole	0,192		0	1
Aantal woningen binnen straal van 1001-1500 meter van sinkhole	0,153		0	1
Geen woning in straal van 1500 meter rond sinkhole	0,526		0	1
<b>Bodemsoorten</b>				
Aantal huizen op fijn zand en klei	0,0004		0	1
Aantal huizen op kleiachtig zand	0,586		0	1
Aantal huizen op medium fijn zand en zout	0,4138		0	1
<b>Woningkarakteristieken</b>				
Walls concrete	0,55	0,50	0	1
Live area (in m2)	179,52	80,08	50	1500
Live area_log	7,489	0,379	6,299	9,545
Bedrooms	3,36	0,75	1	10
Bedrooms_log	1,187	0,221	0,693	2,398
Bathrooms	224,30	76,06	50	1000
Bathrooms_log	5,362	0,317	3,912	7,003
Parcelsize(in m2)	1141,21	1715,26	50	100000
Parcelsize_log	-1,499	0,541	-3,124	2,998
Pool	0,31	0,46	0	1
Date built	1983,60	18,21	1884	2011
Transaction Date	1998,60	7,16	1985	2012
Times sold	2,9	0,94	2	5
<b>Locatie</b>				
Apopka	0,081		0	1
Christmas	0,006		0	1
Gotha	0,004		0	1
Maitland	0,014		0	1
Mount Dora	0,002		0	1
Ocoee	0,037		0	1
Orlando	0,754		0	1
Windermere	0,032		0	1
Winter Garden	0,027		0	1
Winter Park	0,047		0	1
Zellwood	0,001		0	1

Opmerking: Het aantal observaties is 278.678

### 3.5 Model aannames

Voordat de regressieanalyse wordt uitgevoerd is het van belang dat aan een aantal voorwaarden is voldaan. Deze voorwaarden zijn getoetst met behulp van verschillende testen. De volgende vier voorwaarden zijn getoetst:

- Lineair verband tussen de afhankelijke variabele en de onafhankelijke variabelen
- Homoscedasticiteit (constante variantie van residuen)
- Normale verdeling van residuen
- Onafhankelijke variabelen

Lineariteit is getoetst met een spreidingsdiagram. Deze is weergegeven in appendix C. Het regressiemodel is lineair als de residuen een willekeurige vorm aannemen. De negatieve en positieve residuen liggen nagenoeg in evenwicht rond de nullijn van de plot. In dit onderzoek is daarom aan de aanname van lineariteit voldaan.

Homoscedasticiteit kan ook getoetst worden met behulp van de plot in appendix C. Uit de plot kan worden gehaald dat de variantie van de residuen constant (homoscedastisch) is omdat de observaties in min of meer rond de nullijn liggen.

De normale verdeling van de residuen kan worden aangetoond met de Normal Probability plot in appendix C. Nadat de afhankelijke variabele door middel van een Log-transformatie al normaal verdeeld is, valt in figuur 8 af te lezen dat de gestandaardiseerde residuen rond de diagonaal liggen en daarmee normaal verdeeld zijn.

De onafhankelijke variabelen zijn getoetst op multicollineariteit. Multicollineariteit komt voor als twee of meer onafhankelijke variabelen onderling correleren. Deze toets is nodig om het voorspellende vermogen van het regressiemodel te garanderen. Multicollineariteit tast echter niet de betrouwbaarheid aan. Er is gebruik gemaakt van een correlatiematrix om onderlinge correlatie aan te tonen. Wanneer er een correlatie is tussen twee variabelen zal dit worden aangegeven als een negatieve correlatie (-1) of een positieve correlatie (+1). Correlatiecoëfficiënten die een waarde hoger dan (-) 0,8 hebben zullen sterk gecorreleerd zijn en daarom dus mogelijk invloed hebben op de betrouwbaarheid van de individuele variabelen. In appendix A staat de complete correlatiematrix.



## 4. Analyse en Resultaten

In dit hoofdstuk zullen de tweede en derde deelvraag, respectievelijk *“Wat zijn de gevolgen van een sinkhole op de woningwaarde en in welke mate speelt de afstand tot een sinkhole een rol?”* en *“Zijn er factoren die het effect van sinkholes op de woningwaarde afzwakken of versterken?”* worden beantwoord. De beantwoording van deze deelvragen zal beschreven worden aan de hand van de uitkomsten van de regressieanalyse. Door de gegenereerde resultaten zal samen met de uitkomsten van de eerste deelvraag tot de beantwoording van de hoofdvraag gekomen worden.

### 4.1 Regressieresultaten

In het basismodel is er gebruik gemaakt van een samengevoegd model waarin 278.678 transacties zijn opgenomen. Deze transacties omvatten alle transacties in Orange County, FL na correctie zoals beschreven in hoofdstuk 3.

De schatting van de regressieanalyse van het model is weergegeven in tabel 6. Kolom (1) rapporteert de resultaten van de regressie van het logaritme van de transactiewaarde. De onafhankelijke variabelen zijn de individuele karaktereigenschappen en de invloed van een sinkhole die binnen een straal van 100 meter van een woning ligt. Uit de regressieanalyse blijkt dat alle meegenomen onafhankelijke variabelen significant zijn op 99 procent. In kolom (2) is de invloed van sinkholes op de woningwaarde op 500, 1000 en 1500 meter toegevoegd. De verklaarde variantie verandert nauwelijks, maar het effect van een sinkhole op 100 meter van een woning op de woningwaarde is wel groter. In kolom (3) worden zowel stad als ZIP-code effecten meegenomen. Naast dat de verklaarde variantie omhoog gaat blijkt ook dat het effect van een sinkhole op de woningwaarde iets afzwakt. De specificatie van kolom (4) is het basismodel waarin ook gecorrigeerd wordt voor grondsoorten. Het basismodel dat geschat is resulteert in een verklaarde variantie (R-squared) van ongeveer 0.68. In vergelijking met andere onderzoeken die de invloed van natuurrampen op woningwaarde hebben onderzocht ligt dit iets onder gemiddeld. Zo hebben Koster en van Ommeren (2015) en Murdoch et al. (1993) respectievelijk een R-squared van 0.80 en 0.76. In vergelijking met eerder (niet significant) onderzoek naar de invloed van sinkholes op de woningwaarde blijkt dat de R-squared in dit onderzoek hoger scoort (Scheidt et al., 2005).

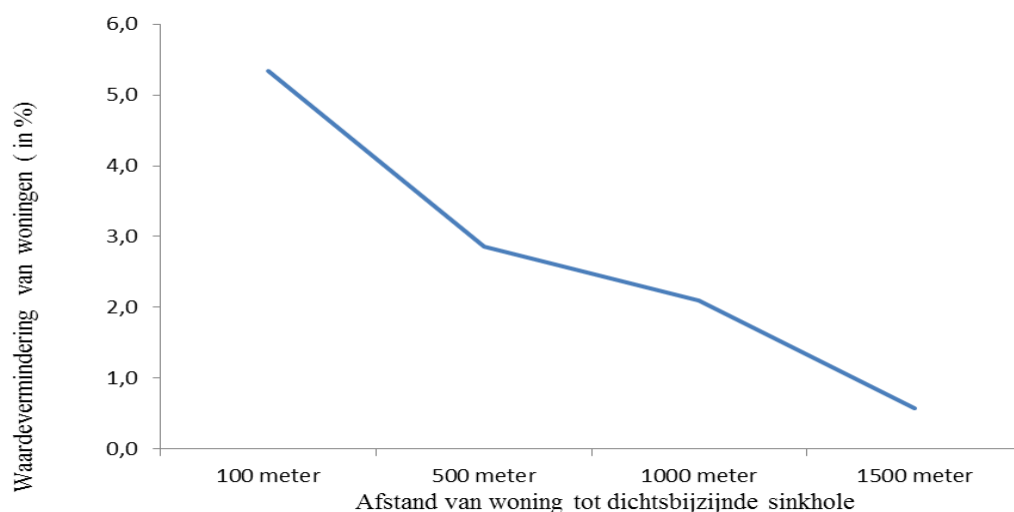
**Tabel 6: Regressieresultaten**

	(1)			(2)			(3)			(4)		
Transactieprij (LOG)	Coefficient	Sig	SE	Coefficient	Sig	SE	Coefficient	Sig	SE	Coefficient	Sig	SE
Betonnen muren	0.0469	***	0.0018	0.04448	***	0.0018	0.0488	***	0.0001	0.0494	***	0.0017
Datum van transactie	0.0435	***	0.0001	0.0435	***	0.0001	0.0431	***	0.0007	0.0431	***	0.0001
Bouwjaar	-0.001	***	0.0001	-0.0011	***	0.0001	0.0023	***	0.0017	0.0023	***	0.0001
Zwembad	0.1312	***	0.0017	0.1314	***	0.0017	0.1139	***	0.0017	0.114	***	0.0017
Badkamers (LOG)	0.1707	***	0.0038	0.1696	***	0.0038	0.1178	***	0.0037	0.1178	***	0.0037
Slaapkamers (LOG)	-0.1622	***	0.0045	-0.1570	***	0.0045	-0.0279	***	0.0044	-0.0276	***	0.0044
Perceelgrootte in acres (LOG)	-0.0133	***	0.0016	-0.0105	***	0.0016	0.0321	***	0.0016	0.0318	***	0.0016
Woonoppervlakte (LOG)	0.8243	***	0.0037	0.8189	***	0.0037	0.6226	***	0.0037	0.6204	***	0.0037
Sinkhole binnen 100 meter	-0.0657	***	0.0084	-0.0749	***	0.0084	-0.0490	***	0.0081	-0.0534	***	0.0081
Sinkhole binnen 500 meter				-0.052	***	0.0023	-0.0256	***	0.0026	-0.0285	***	0.0026
Sinkhole binnen 1000 meter				-0.0216	***	0.002	-0.0195	***	0.0022	-0.0209	***	0.0022
Sinkhole binnen 1500 meter				0.0240	***	0.0021	-0.0053	***	0.0022	-0.0057	***	0.0022
Kleiachtig zand										0.0235		0.0231
Medium fijn zand en zout										0.0708	***	0.0231
Constante	-80.1917	***	0.2197	-79.7709	***	0.2210	84.4333	***	0.2267	-84.4135	***	0.2273
ZIPcodes effect	Nee			Nee			Ja			Ja		
CITY effects	Nee			Nee			Ja			Ja		
Aantal observaties	278.678			278.678			278.678			278.678		
R-squared	0.6368			0.6379			0.6752			0.6755		

Opmerking: \*\*\* significant op 1% \*\* significant op 5% \* significant op 10%

De referentie is een woning in Zellwood met Zipcode 32789, zonder sinkholes in een straal van 1500 meter op de bodemsoort fijn zand en klei

In kolom (4) valt af te lezen dat wanneer de afstand van een woning tot een sinkhole toeneemt de waarde van de woning ook weer toeneemt. In de regressie is zichtbaar dat de woningwaarde een negatief effect van 5,3 procent ondervindt wanneer hij binnen een straal van 100 meter van een sinkhole ligt. De hoogte van dit effect valt binnen de conclusie die getrokken is naar aanleiding van de meta-analyse in hoofdstuk 2. De woningwaarde ondervindt ook nog steeds een effect wanneer er een sinkhole binnen 1500 meter te vinden is, maar het significantieniveau is in vergelijking met de andere afstanden lager en het effect van 0,6 procent is een stuk lager. Het effect van de afstand van een woning tot een sinkhole in het basismodel is weergegeven in figuur 9.

**Figuur 9: Het effect van de afstand tot een sinkhole op de transactieprij van woningen**

Het effect van een sinkhole kan volgens deze figuur na 1500 meter nihil worden genoemd en waarschijnlijk zal na 2000 meter geen meetbaar effect meer zijn en is dat ook de afbakening van de ‘Special Studies Zone’ van sinkholes in Orange County, FL. In ander onderzoek zijn ‘Special Studies Zones’ ook afgebakend door extrapolatie van de gevonden resultaten (Brookshire et al., 1985; Beron et al., 1997). De precieze afbakening van een gebied waar een natuurramp invloed heeft op de woningwaarde blijft lastig. Behalve wanneer er een specifiek gebied kwetsbaar blijkt, zoals een lager gelegen gebied bij overstromingen. Het negatieve effect van 5,34 procent van sinkholes binnen 100 meter van een woning op de woningwaarde is in lijn met bijvoorbeeld het onderzoek van Brookshire et al. (1985). Zij vonden een lagere woningwaarde van 5,6 procent als gevolg van een hoger risico op een aardbeving in het gebied tussen Los Angeles en San Francisco. In vergelijking met onderzoek van Murdoch et al. (1993) valt op dat het effect in kolom (4) ongeveer een zelfde verlaging van de woningwaarde veroorzaakt. Murdoch et al. (1993) vonden een negatief effect van 5,7 procent na de door hun onderzochte aardbeving. De uitkomsten van het basismodel vallen ook in de bandbreedte uit de resultaten van Donovan et al. (2007) die het effect van bosbranden op de woningwaarde onderzochten. Zij vonden een verlaging van de woningwaarde van 3 tot 15 procent als gevolg van een bosbrand. Deze bandbreedte komt met name voort uit de heterogeniteit van woningen en de informatievoorziening richting bewoners. Naar deze laatste factor is in deze thesis geen onderzoek gedaan.

## **4.2 Robuustheidsanalyse**

Er is gekeken naar individuele karakteristieken van de woning en of deze een versterkend of verzwakkend effect hebben op de invloed van een sinkhole op de woningwaarde. Met behulp van de CHOW-test is een kritieke waarde berekend voor deze karakteristieken. Er is gekeken naar de woonoppervlakte van de woning en naar de leeftijd van een woning. De kritieke waarde voor F ligt tussen de 1,20 en 1,40. Bij beide karakteristieken bestaan er significante verschillen tussen de coëfficiënten van de variabelen, zie appendix D. Nu deze verschillen zijn vastgesteld kan er gekeken worden naar de invloed van sinkholes op de woningwaarde, met verschillende categorieën woningen. De regressie wordt voor elke groep karakteristieken nog een keer uitgevoerd onder de genoemde omstandigheden. De waarden van de coëfficiënten staan per categorie uitgesplitst in appendix E.

In de regressie van de woonoppervlakte valt op dat de invloed van een sinkhole niet significant is bij een woning die kleiner dan 93 vierkante meter (1000 square feet) is. Een sinkhole op 500 meter van een woning zorgt verder voor een veel kleiner effect op de transactieprijs in vergelijking met gemiddelde huizen (tussen 93 en 279 vierkante meter). Woningen die groter zijn dan 465 vierkante meter (5000 square feet) ondervinden volgens het onderzoek ook geen invloed in de woningwaarde als gevolg van sinkholes binnen 100 meter.

Er kan beargumenteerd worden dat het ontstaan van een sinkhole in een gebied met een hogere bewonersdichtheid een groter effect heeft op de woningwaarde dan het heeft in een dichtbevolkt gebied, omdat in een dichter bebouwde buurt er een grotere kans is op fysieke schade. Door locatie effecten toe te voegen in kolom (3), tabel 6, is hiervoor gecorrigeerd. Alle ZIP-codes en stedelijke gebieden zijn apart meegenomen en laten een modererend effect zien. In kolom (4) is aangetoond dat grondsoorten enigszins een directe invloed hebben op de woningwaarde. Opvallend genoeg heeft de bodemsoort waar relatief veel sinkholes ontstaan een hogere woningwaarde tot gevolg dan de referentie bodemsoort 'fijn zand en klei', waar nagenoeg geen sinkholes in ontstaan, zoals ook te zien is in appendix G.

## 5. Conclusies en Aanbevelingen

### 5.1 Conclusie

De invloed van sinkholes op de waarde van woningen in Orange County, FL is door middel van dit onderzoek in kaart gebracht. In het theoretisch kader is duidelijk geworden hoe de woningwaarde is opgebouwd uit verschillende karakteristieken. Omgevingskarakteristieken zijn onderdeel van die woningwaarde. De kans op een natuurramp is een van de voorbeelden van deze karakteristieken en hebben, zo is gebleken uit meerdere onderzoeken, een zekere invloed op de woningwaarde. Geen of een verlaagde kans op een natuurramp zorgt voor een grotere aantrekkelijkheid van de woning en zijn omgeving. Deze grotere aantrekkelijkheid zorgt ervoor dat een woning een hogere woningwaarde heeft. Uit onderzoek is gebleken dat sinkholes een wezenlijk gevaar vormen voor woningen en dus ook voor de mensen die er in wonen. Dit gevaar zou theoretisch gezien moeten zorgen voor een lagere transactieprijs.

Met bovenstaande theorie is in dit onderzoek gezocht naar een antwoord op de volgende hoofdvraag: *“Welke invloed hebben sinkholes op de woningwaarde in Florida?”*. Dit onderzoek heeft deze vraag beantwoord door alle transacties mee te nemen van 1985 tot en met 2012 in Orange County, FL. In eerste instantie is dit onderzoek uitgevoerd met behulp van een regressieanalyse met een basismodel, waarbij verschillende woningkarakteristieken zijn meegenomen en waarbij ook gecorrigeerd is voor verschillende locaties.

Aan de hand van het basismodel is aangetoond dat een sinkhole een negatieve invloed tot 5,3 procent heeft op de woningwaarde. Hiermee kan hypothese 1: *“Een sinkhole leidt tot een lagere woningwaarde”* worden aangenomen.

Verder is ook aangetoond dat wanneer een sinkhole verder van een huis verwijderd is de woningwaarde daar minder gevolgen van ondervindt. Met deze bevinding kan hypothese 2: *“Naarmate een woning verder van een sinkhole gelegen is zal het effect op de woningwaarde kleiner zijn”* ook worden aangenomen. Hierbij moet wel worden aangetoond dat de invloed van een sinkhole geen lineair effect heeft op de woningwaarde. Dit betekent dat de invloed van sinkholes op woningwaardes niet geleidelijk afneemt per afstand, maar zeer schoksgewijs.

Hypothese 3: *“Door heterogeniteit van woningen zal het effect van sinkholes op de woningwaarde verschillen per woning”* is onderzocht aan de hand van de CHOW-test. De verschillende regressies die gedaan zijn, laten zien dat vooral grotere woningen meer invloed ondervinden van een sinkhole in de omgeving van deze woningen in vergelijking met de invloed die een sinkhole heeft op kleinere woningen. Ook ondervinden relatief nieuwere en oudere woningen meer invloed van sinkholes op de

woningwaarde dan huizen die gebouwd zijn tussen 1950 en 2000. Er is gevonden dat er een grote invloed is van sinkholes op woningen die gebouwd zijn voor 1940. Met een significante coëfficiënt van bijna 16 procent zouden woningwaardes van woningen met deze leeftijd zeer veel invloed ondervinden van een sinkhole binnen 100 meter. Een verklaring voor deze grote invloed zou kunnen zijn dat fundamente van woningen die voor 1940 gebouwd zijn ouder zijn en eventueel in slechtere conditie verkeren. Hierdoor zouden bodemverzakkingen als gevolg van sinkholes eerder noemenswaardige schade kunnen veroorzaken. Ook woningen die gebouwd zijn na 2001 laten zien qua woningwaarde een enorme invloed te ondervinden van sinkholes. Binnen een straal van 100 meter zijn woningwaardes van woningen gebouwd na 2001 ruim 8 procent lager. Ook sinkholes tussen de 1000 en 1500 meter van een woning zorgen voor een verlaging van de woningwaarde van bijna 4 procent. Deze resultaten kunnen het gevolg zijn van meerdere factoren. Intuïtief zou een factor kunnen zijn dat mensen die een nieuw huis hebben banger zijn voor schade aan hun woning dan mensen die een ouder woning hebben. Oudere woningen kunnen bijvoorbeeld als gevolg van de leeftijd van de woning al andere gebreken vertonen.

## **5.2 Aanbevelingen**

Bij de afronding van dit onderzoek kunnen een aantal aanbevelingen genoemd worden die voor ruimte voor verbetering dan wel voor verdieping kunnen zorgen in eventueel vervolgonderzoek.

1. Het huidige onderzoek is uitgevoerd in een afgebakend gebied, waarin alle sinkholes van Orange County, FL zijn meegenomen. Een alternatieve manier om de economische consequenties die sinkholes hebben op de woningwaarde te onderzoeken is om de invloed die een enkele sinkhole heeft in de regio te onderzoeken. Op deze manier kan er op een alternatieve manier onderzocht worden hoe ver het effect van een enkele sinkhole reikt. Er kan bijvoorbeeld makkelijker gecorrigeerd worden voor de impact die een betreffende sinkhole heeft gehad op een gemeenschap. Ook kunnen eventuele (korte termijn) schokeffecten worden bekeken.
2. In dit onderzoek is geen onderscheid gemaakt in een waardedaling als gevolg van speculatie of van een waardedaling door daadwerkelijke schade. Vervolgonderzoek zou kunnen uitzoeken of er verschillen zitten in deze soort waardeveranderingen.
3. Dit onderzoek is uitgevoerd in Orange County, FL. Sinkholes ontstaan hier bovengemiddeld vaak en mensen die in de regio wonen zijn zich waarschijnlijk meer bewust van het risico op een sinkhole. Het zou interessant kunnen zijn om dit onderzoek in een land uit te voeren waar het ontstaan van sinkholes een zeldzaam fenomeen is. De woningwaarde zou daar meer kunnen verschillen doordat het meer indruk maakt op bewoners. Ook zou de woningwaarde op een zelfde niveau kunnen blijven doordat het ontstaan van een sinkhole een dergelijk lage frequentie heeft waardoor dit geen invloed heeft op de woningwaarde.

### 5.3 Reflectie

De resultaten in dit onderzoek hebben een significante relatie aangetoond tussen sinkholes en een lagere woningwaarde. De resultaten laten dus zien dat naarmate de afstand van een sinkhole naar een woning groter wordt, de woningwaarde ook omhoog gaat. Echter, in de robuustheidstest die gedaan is met behulp van de CHOW-test is inzichtelijk gemaakt dat er met name bij relatief grotere en oudere woningen resultaten zijn gevonden die niet passen bij de gestelde verwachtingen en de bestudeerde literatuur. Bij woningen die gebouwd zijn voor 1940 is een grote significante daling van de woningwaarde gevonden van bijna 16 procent binnen 100 meter van een sinkhole. Bij dezelfde woningen die voor 1940 gebouwd zijn, is een positief significant effect gevonden die een sinkhole binnen 1000 meter van een woning op de woningwaarde heeft. Naast het feit dat dit een uitkomst is die niet in de bestaande literatuur wordt genoemd, is dit ook een bevinding die tegen de intuïtie in gaat. Ook bij grotere woningen, vanaf ongeveer 370 vierkante meter, is er een positief significant effect van sinkholes binnen 1000 meter van een woning op de woningwaarde. Dit effect loopt op tot ruim boven de 10 procent. Deze resultaten kunnen in twijfel worden getrokken doordat het model niet volledig is. Zo zou bijvoorbeeld het inkomen van de bewoners of de staat van onderhoud van een woning kunnen worden toegevoegd. Huishoudens met hogere inkomens zouden theoretisch gezien eerder kunnen verhuizen wanneer zij zich niet meer veilig voelen in een gebied met sinkholes. Ook kunnen zij schade aan hun huis makkelijker laten repareren dan minder bedeelde huishoudens waardoor de woningwaarde hoger blijft.

De onderzoeksopzet is gedegen gebleken en heeft tot een duidelijke volgorde van acties geleid in dit onderzoek. Hierdoor is het resultaat redelijk robuust gebleken, maar het filteren van een enkel effect is lastig. Het informatiesysteem GIS is een handige tool geweest om zowel de sinkholes als de transacties overzichtelijk in een werkbestand te krijgen. Door middel van het statistische programma Stata is de gevonden data verwerkt en is er een meervoudige regressie uitgevoerd. De combinatie van deze twee programma's is erg zinvol en leerzaam geweest en zal hopelijk in soortgelijke onderzoeken ook worden toegepast.

Het uiteindelijke resultaat van deze thesis heeft een aanzet gegeven naar een betere bewustwording van de invloed die sinkholes hebben op een gemeenschap in economische zin. Met een gedegen vervolgonderzoek kunnen verzekeraars een beter beleid voeren op hun premies en kunnen lokale overheden, voor zover ze de bevoegdheid daartoe hebben, beleid maken op het gebruik van grondwater. Dat water essentieel is om het bouwland winstgevend te maken is evident, maar de vraag tegen welke prijs dit mag gebeuren, is naar aanleiding van dit onderzoek zeer relevant gebleken.

## Literatuurlijst

Alonso, W. (1964). *Location and land use*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Bailey, M., Muth, R. & Nourse, H. (1963). A Regression Method for Real Estate Price Index Construction. *Journal of the American Statistical Association*, 58(304), pp.933-942.

Bernknopf, R., Brookshire, D. & Thayer, M. (1990). Earthquake and volcano hazard notices: An economic evaluation of changes in risk perceptions. *Journal of Environmental Economics and Management*, 18(1), pp.35-49.

Beron, K. J., Murdoch, J. C., Thayer, M. A., & Vijverberg, W. P. M. (1997). An Analysis of the Housing Market before and after the 1989 Loma Prieta Earthquake. *Land Economics*, 73(1), 101–113.

Bin, O. & Polasky, S. (2004). Effects of Flood Hazards on Property Values: Evidence before and after Hurricane Floyd. *Land Economics*, 80(4), p.490.

Bourassa, S. C., Cantoni, E., & Hoesli, M. (2008). Predicting house prices with spatial dependence: Impacts of alternative submarket definitions. *Swiss Finance Institute Research Paper*, (08-01).

Brinkmann, R. (2013). *Florida Sinkholes: Science and Policy*. University Press of Florida.

Brookshire, D. S., Thayer, M.A. Tschirhart, J., & Schulze, W. D.. (1985). "A Test of the Expected Utility Model: Evidence from Earthquake Risks." *Journal of Political Economy* 93: 369-89.

Balogh, C. (2014). Why are there so many sinkholes in Florida? *The Atlantic*. Beschikbaar via: <http://www.theatlantic.com/technology/archive/2014/08/why-are-there-so-many-sinkholes-in-florida/378869/> [Geraadpleegd op 25 april 2016].

Centraal Planbureau, (2005). *Welke factoren bepalen de ontwikkeling van de huizenprijs in Nederland?*. Den Haag: CPB. Beschikbaar via <http://www.cpb.nl/sites/default/files/publicaties/download/welke-factoren-bepalen-de-ontwikkeling-van-de-huizenprijs-nederland.pdf> [Geraadpleegd op 30 mei 2016].

Branch, G. (2016). 2015 U.S. Gazetteer Files - Geography - U.S. Census Bureau. *Census.gov*. Beschikbaar via : <https://www.census.gov/geo/maps-data/data/gazetteer2015.html> [Geraadpleegd op 3 juli 2016].

De Vries, P. & Boelhouwer, P. (2005). Local house price developments and housing supply. *Property Management*, 23(2), pp.80-96.



Donovan, G., Champ, P. & Butry, D. (2007). Wildfire Risk and Housing Prices: A Case Study from Colorado Springs. *Land Economics*, 83(2), pp.217-233.

Ehrlich, I. & Becker, G. (1972). Market Insurance, Self-Insurance, and Self-Protection. *Journal of Political Economy*, 80(4), pp.623-648.

Farmer, M. C., & Lipscomb, C. A. (2010). Using quantile regression in hedonic analysis to reveal submarket completion, *Journal of Real Estate Research*, 32(4): 435-460.

Gawande, K. & Jenkins-Smith, H. (2001). Nuclear Waste Transport and Residential Property Values: Estimating the Effects of Perceived Risks. *Journal of Environmental Economics and Management*, 42(2), pp.207-233.

Hallstrom, D. & Smith, V. (2005). Market responses to hurricanes. *Journal of Environmental Economics and Management*, 50(3), pp.541-561.

Julio-Miranda, P., Ortíz-Rodríguez, A. J., Palacio-Aponte, A. G., López-Doncel, R., & Barboza-Gudiño, R. (2012). Damage assessment associated with land subsidence in the San Luis Potosi-Soledad de Graciano Sanchez metropolitan area, Mexico, elements for risk management. *Natural hazards*, 64(1), 751-765.

Munson, D. (2011). Florida's Top 10 Sinkhole-Prone Counties. *Insurance Journal*. Beschikbaar via: <http://www.insurancejournal.com/news/southeast/2011/03/30/192278.htm>  
(Geraadpleegd op 13 Juni 2016).

Kask, S. & Maani, S. (1992). Uncertainty, Information, and Hedonic Pricing. *Land Economics*, 68(2), p.170.

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

Levkovich, O., Rouwendal, J. & van Marwijk, R. (2015). The effects of highway development on housing prices. *Transportation*, 43(2), pp.379-405.

Lichtenstein, S., Slovic, P., Fischhoff, B., Layman, M. & Combs, B. (1978). Judged frequency of lethal events. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 4(6), pp.551-578.

Loomis, J. (2004). Do nearby forest fires cause a reduction in residential property values? *Journal of Forest Economics*, 10(3), pp.149-157.

- MacDonald, D. N., Murdoch, J. C., & White, H. L.. (1987). Uncertain Hazards, Insurance, and Consumer Choice: Evidence from Housing Markets. *Land Economics*, 63(4), 361–371.
- Marella, R. L. (2014). *Water withdrawals, use, and trends in Florida, 2010* (No. 2014-5088). US Geological Survey.
- Murdoch, J., Singh, H. & Thayer, M. (1993). The Impact of Natural Hazards on Housing Values: The Loma Prieta Earthquake. *Real Estate Economics*, 21(2), pp.167-184.
- Murdoch, J. & Thayer M.A. (1988). Hedonic Price Estimation of Variable Urban Air Quality. *Journal of Environmental Economics and Management* 15: 143-146.
- Naoi, M., Seko, M., & Sumita, K. (2009). Earthquake Risk and Housing Prices in Japan: Evidence Before and After Massive Earthquakes. *Regional Science and Urban Economics*, 39(6), 658–669.
- Nelson, J. (1979). Airport Noise, Location Rent, and the Market for Residential Amenities. *Journal of Environmental Economics and Management* 6: 320-331.
- NYFER, (2005). *Risico's op de Nederlandse huizen- en hypotheekmarkt in 2005-2010*. Breukelen: NYFER. Beschikbaar via: <http://www.huizenmarkt-zeepbel.nl/pdf/Huizenprijzen.pdf> [Geraadpleegd op 30 mei 2016].
- Pas van de, L.P.M (2013). Woningmarktrapport Nederland 2012, *Analyse en achtergronden cijfers en crisis op de woningmarkt*. Heerlen: Pasgoed BV, pp. 1-32. Beschikbaar via: [http://www.woningmarkt cijfers.nl/downloads/2012\\_woningmarktrapport\\_nederland.pdf](http://www.woningmarkt cijfers.nl/downloads/2012_woningmarktrapport_nederland.pdf) [Geraadpleegd op 26 april 2016].
- Perloff, J. (2004). *Microeconomics*. Boston: Pearson Addison Wesley.
- Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*, 82(1), pp.34-55.
- Schnare, A. (1976). Racial and Ethnic Price Differentials in an Urban Housing Market. *Urban Studies*, 13: 107-120.
- Scheidt, J., Lerche, I., & Paleologos, E. (2005). Environmental and economic risks from sinkholes in west-central Florida. *Environmental Geosciences*, 12(3), 207-217.
- Shilling, J. D., Benjamin, J. D., & Sirmans, C. F. (1985). Adjusting comparable sales for floodplain location. *The Appraisal Journal*, 53(3), 429-437.

Sinclair, W. C., Stewart, J. W., Knutilla, R. L., Gilboy, A. E., & Miller, R. L. (1985). *Types, features, and occurrence of sinkholes in the karst of west-central Florida* (No. 85-4126). US Geological Survey.

Simmons, K., Kruse, J. & Smith, D. (2002). Valuing Mitigation: Real Estate Market Response to Hurricane Loss Reduction Measures. *Southern Economic Journal*, 68(3), p.660.

Speyrer, J. F., & Ragas, W. R. (1991). Housing prices and flood risk: an examination using spline regression. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 4(4), 395-407.

Thayer, M. A., Bernknopf, R.L., Brookshire, D.S., & Schulze, W. D. (1985). *An Economic Evaluation of Hazard Alerts: A Case Study of Mammoth, California*. U.S. Geological Survey.

Tihansky, A.B. (1999). Sinkholes, west-central Florida, in Galloway, Devin, Jones, D.R., Ingebritsen, S.E., eds., *Land subsidence in the United States*: U.S. *Geological Survey Circular* 1182, p. 121-140.

U.S. Census Bureau, (2012). Historical Census of Housing Tables Home Values - Housing Topics Beschikbaar via: <https://www.census.gov/hhes/www/housing/census/historic/values.html> [Geraadpleegd op 6 Sep. 2016].

Vermeulen, W. & Rouwendal, J. (2007). Housing Supply and Land Use Regulation in the Netherlands. *SSRN Electronic Journal*.

Vincent, J. (2014). What are sinkholes, how do they form and why are we seeing so many? *The independent*. Beschikbaar via: <http://www.independent.co.uk/news/science/sinkholes-what-are-they-how-do-they-form-and-why-are-we-seeing-so-many-9136235.html> [Geraadpleegd op 25 april 2016].

Waltham, T., Bell, F. G., & Culshaw, M. (2007). *Sinkholes and subsidence: karst and cavernous rocks in engineering and construction*. Springer Science & Business Media.

# Appendices

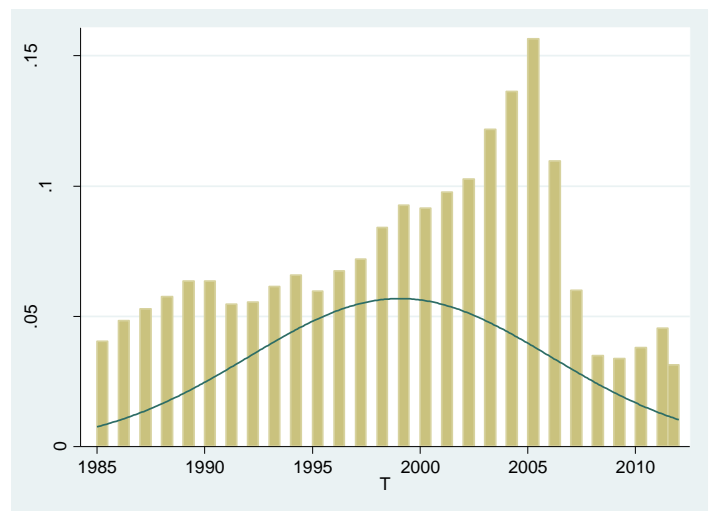
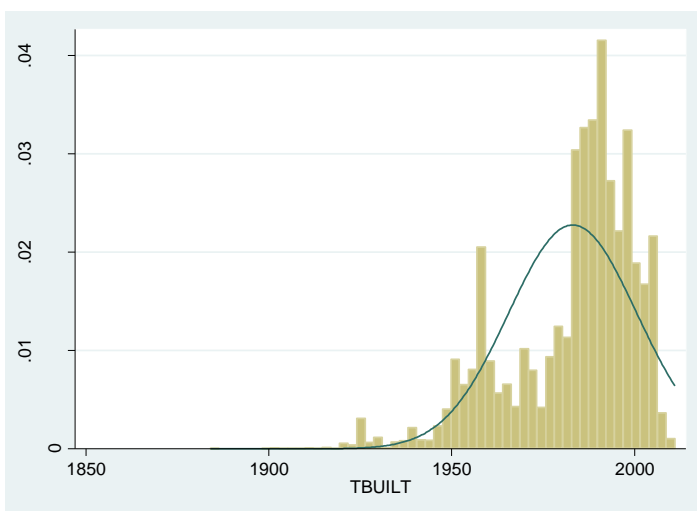
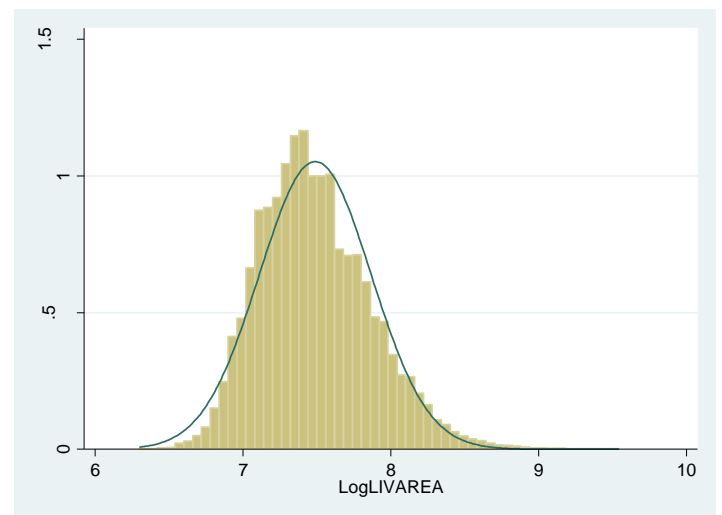
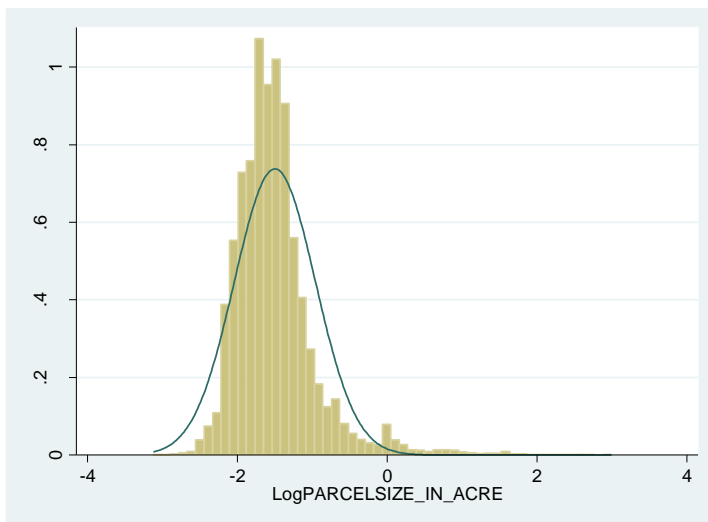
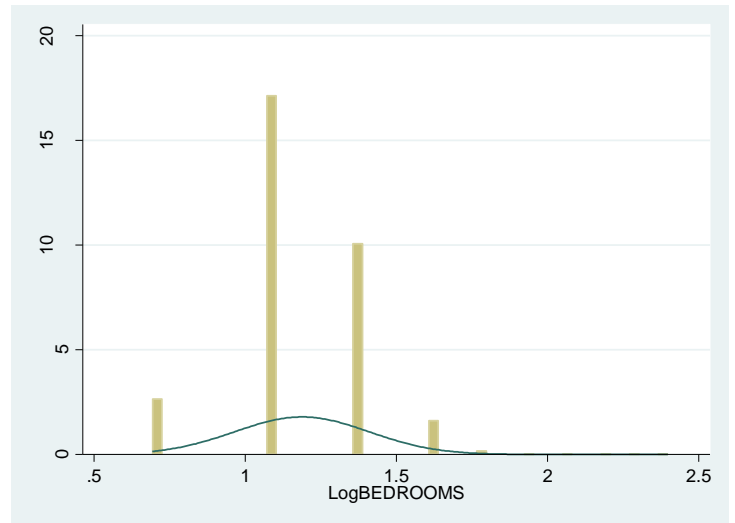
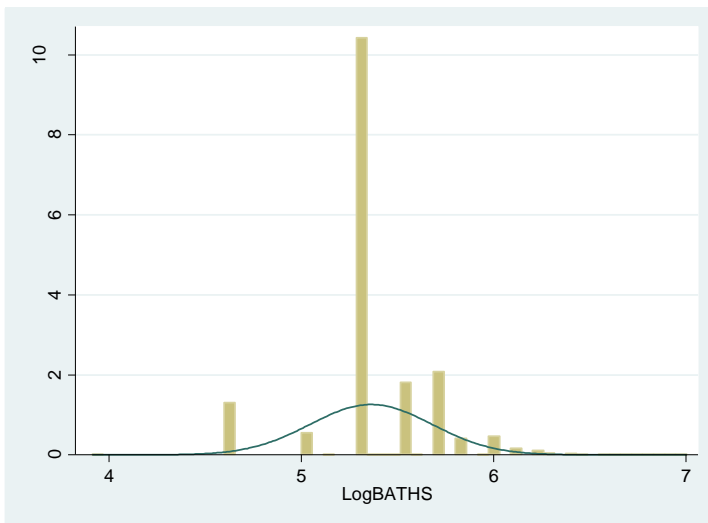
## Appendix A Correlatiematrix

	Transactieprijis (LOG)	Datum van transactie	Betonnen muren	Bouwjaar	Badkamers (LOG)	Slaapkamers (LOG)	Perceelgrootte in acres (LOG)	Woonoppervlakte (LOG)	Zwembad	Geen sinkhole binnen 1500 meter	Sinkhole binnen 100 meter	Sinkhole binnen 500 meter	Sinkhole binnen 1000 meter	Sinkhole binnen 1500 meter
Transactieprijis (LOG)	1	0.5182	0.2669	0.2535	0.4566	0.3675	0.1474	0.5353	0.2995	0.1110	-0.0206	-0.0811	-0.0719	0.0034
Datum van transactie	0.5182	1	0.1415	0.1639	0.0787	0.0827	-0.0896	0.0886	-0.0233	0.0778	-0.0153	-0.0425	-0.0473	-0.0138
Betonnen muren	0.2669	0.1415	1	0.5444	0.3372	0.2881	0.0202	0.4065	0.1731	0.2259	-0.0288	-0.1398	-0.1256	-0.0418
Bouwjaar	0.2535	0.1639	0.5444	1	0.4865	0.3614	0.0012	0.4098	0.1468	0.3040	-0.0415	-0.1565	-0.1825	-0.0696
Badkamers (LOG)	0.4566	0.0787	0.3372	0.4865	1	0.6455	0.3101	0.7822	0.3888	0.1570	-0.0223	-0.0900	-0.1008	-0.0202
Slaapkamers (LOG)	0.3675	0.0827	0.2881	0.3614	0.6455	1	0.2871	0.6936	0.3548	0.1095	-0.0081	-0.0512	-0.0684	-0.0284
Perceelgrootte in acres (LOG)	0.1474	-0.0896	0.0202	0.0012	0.3101	0.2871	1	0.4677	0.3159	-0.0587	0.0154	0.0361	0.0276	0.0147
Woonoppervlakte (LOG)	0.5353	0.0886	0.4065	0.4098	0.7822	0.6936	0.4677	1	0.4715	0.1422	-0.0170	-0.0922	-0.0866	-0.0145
Zwembad	0.2995	-0.0233	0.1731	0.1468	0.3888	0.3548	0.3159	0.4715	1	0.0719	-0.0066	-0.0301	-0.0427	-0.0239
Geen sinkhole binnen 1500 meter	0.1110	0.0778	0.2259	0.3040	0.1570	0.1095	-0.0587	0.1422	0.0719	1	-0.0889	-0.3915	-0.5132	-0.4471
Sinkhole binnen 100 meter	-0.0206	-0.0153	-0.0288	-0.0415	-0.0223	-0.0081	0.0154	-0.0170	-0.0066	-0.0889	1	-0.0316	-0.0414	-0.0361
Sinkhole binnen 500 meter	-0.0811	-0.0425	-0.1398	-0.1565	-0.0900	-0.0512	0.0361	-0.0922	-0.0301	-0.3915	-0.0316	1	-0.1824	-0.1589
Sinkhole binnen 1000 meter	-0.0719	-0.0473	-0.1256	-0.1825	-0.1008	-0.0684	0.0276	-0.0866	-0.0427	-0.5132	-0.0414	-0.1824	1	-0.2083
Sinkhole binnen 1500 meter	0.0034	-0.0138	-0.0418	-0.0696	-0.0202	-0.0284	0.0147	-0.0145	-0.0239	-0.4471	-0.0361	-0.1589	-0.2083	1

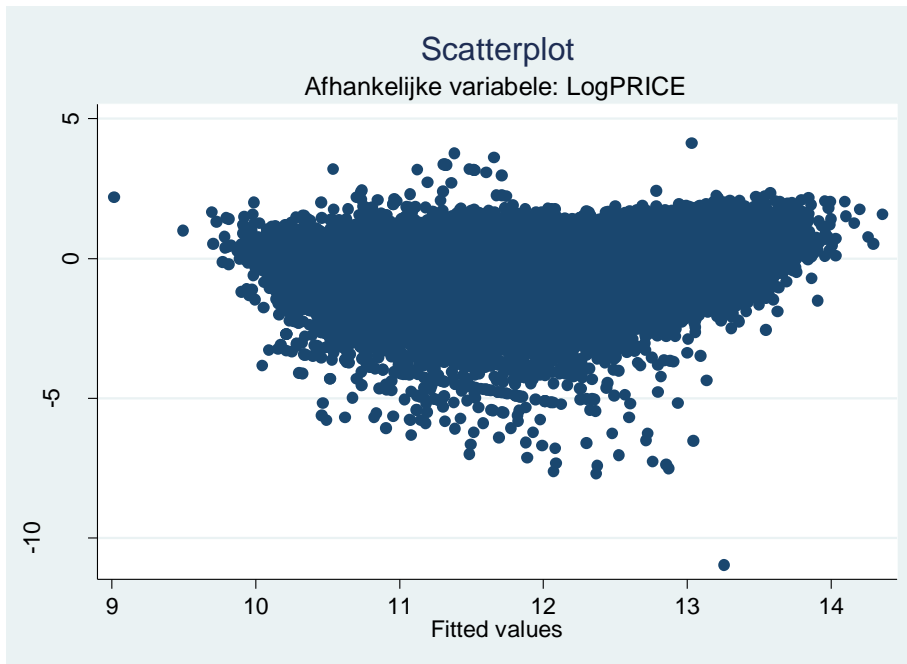
## Appendix B. Locatie van woningen per ZIP-code

Zip	Frequentie	Procent	Zip	Frequentie	Procent
32703	9014	3,24%	32819	10041	3,60%
32709	176	0,06%	32820	1006	0,36%
32712	13528	4,86%	32821	4591	1,65%
32751	3922	1,41%	32822	8714	3,13%
32757	599	0,22%	32824	9223	3,31%
32789	9169	3,29%	32825	16481	5,92%
32792	3987	1,43%	32826	4967	1,78%
32798	139	0,05%	32827	1029	0,37%
32801	1171	0,42%	32828	14046	5,04%
32803	7772	2,79%	32829	4054	1,46%
32804	7247	2,60%	32832	2509	0,90%
32805	2095	0,75%	32833	2388	0,86%
32806	7826	2,81%	32835	12103	4,34%
32807	5947	2,13%	32836	6512	2,34%
32808	10404	3,73%	32837	17615	6,32%
32809	4529	1,63%	32839	4009	1,44%
32810	8027	2,88%	34734	1180	0,42%
32811	1927	0,69%	34761	10385	3,73%
32812	9341	3,35%	34786	8910	3,20%
32814	864	0,31%	34787	7447	2,67%
32817	10845	3,89%			
32818	12830	4,61%	<b>Totaal</b>	<b>278569</b>	<b>100,00%</b>

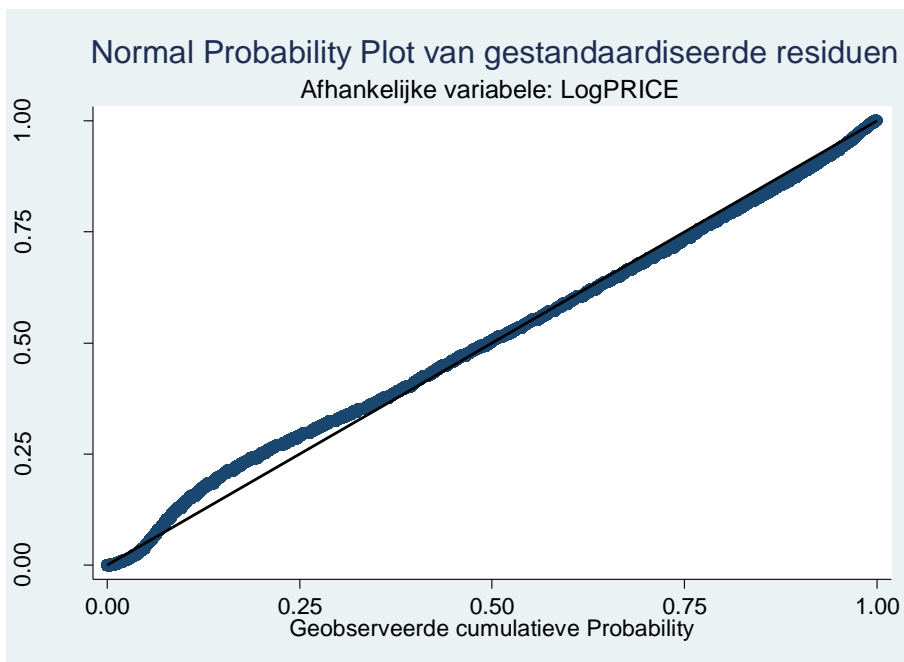
## Appendix C: Normale verdeling van getransformeerde onafhankelijke variabelen



### Spreidingsdiagram residuen en voorspelde waarden



### Normal P-P plot



## Appendix D: Chow-test gebaseerd op verschillende woonoppervlakte en bouwjaar

Specification	Regression	Observations (n)	Sum of Square Residuals (SSR)
1	Pooled	278.678	34.673
2a	Livarea < 1000 sq ft.	11.288	1.000
2b	Livarea >1001 & <2000	171.370	13.888
2c	Livarea >2001 & <3000	69.554	8.970
2d	Livarea >3001 & <4000	18.932	5.115
2e	Livarea >4001 & <5000	4.729	2.039
2f	Livarea >5001 sq ft.	2.805	1.539
Number of observations (n)			278.678
Groups (g)			6
Number of independent variables (k)			63

$$\text{Chow F-test} \quad \text{Number of restrictions} \quad \text{Degrees of freedom} \\ F( \quad 315 \quad 278.300 \quad ) = \quad 57,59$$

Specification	Regression	Observations (n)	Sum of Square Residuals (SSR)
1	Pooled	278.678	34.673
2a	TBUILT <1940	6.600	988
2b	TBUILT >1941 & <1950	7.759	987
2c	TBUILT >1951 & <1980	72.230	6.975
2d	TBUILT >1981 & <2000	157.747	16.532
2f	TBUILT >2001	34.342	7.683
Number of observations (n)			278.678
Groups (g)			5
Number of independent variables (k)			63

$$\text{Chow F-test} \quad \text{Number of restrictions} \quad \text{Degrees of freedom} \\ F( \quad 252 \quad 278.363 \quad ) = \quad 50,23$$



## Appendix E: Stata code

```
> use "X:\My Documents\Master vastgoedkunde\Master scriptie\SinkHoles\Data woningwaarde\Data
woningwaarde.dta"

> sort ID

> quietly by ID: gen dup = cond(_N==1,0,_n)

> drop if dup==0

> gen LogPRICE = ln(PRICE)

> gen LogBATHS = ln(BATHS)

> gen LogBEDROOMS = ln(BEDROOMS)

> gen LogPARCELSIZE_IN_ACRE = ln(PARCELSIZE_IN_ACRE)

> gen LogLIVAREA = ln(LIVAREA)

> gen APOPKA=0

> replace APOPKA=1 if city==1

> gen CHRISTMAS=0

> replace CHRISTMAS=1 if city==2

> gen GOTHA=0

> replace GOTHA=1 if city==3

> gen MAITLAND=0

> replace MAITLAND=1 if city==4

> gen MOUNT_DORA=0

> replace MOUNT_DORA=1 if city==5

> gen OCOEE=0

> replace OCOEE=1 if city==6

> gen ORLANDO=0

> replace ORLANDO=1 if city==7

> gen WINDERMERE=0

> replace WINDERMERE=1 if city==8

> gen WINTER_GARDEN=0

> replace WINTER_GARDEN=1 if city==9

> gen WINTER_PARK=0
```

```

> replace WINTER_PARK=1 if city==10

> tab ZIP, gen(ZIP)

> drop if PRICE <= 45000

> drop if PRICE >= 4500000

> drop if LIVAREA <= 538.196

> drop if LIVAREA >= 16145.87

> drop if PARCELSIZE_IN_ACRE <= 0.012

> drop if PARCELSIZE_IN_ACRE >= 24.7105

> drop if BATHS <50

> drop if BATHS >1100

> drop if BEDROOMS <1

> drop if BEDROOMS >11

> reg LogPRICE WALLS_CONCRETE T TBUILT pool LogBATHS LogBEDROOMS
LogPARCELSIZE_IN_ACRE LogLIVAREA APOPKA CHRISTMAS GOTHAMAITLAND MOUNT_DORA
OCOEE ORLANDO WINDERMERE WINTER_GARDEN WINTER_PARK ZIP3 ZIP7 ZIP8 ZIP9 ZIP10
ZIP11 ZIP12 ZIP13 ZIP14 ZIP15 ZIP16 ZIP17 ZIP18 ZIP19 ZIP20 ZIP21 ZIP22 ZIP23 ZIP24 ZIP25 ZIP26
ZIP27 ZIP28 ZIP29 ZIP30 ZIP31 ZIP32 ZIP33 ZIP34 ZIP35 ZIP36 ZIP37 ZIP38 f100_meter f500_meter
f1000_meter f1500_meter clayesand medfinesandandsilt

> reg LogPRICE WALLS_CONCRETE T TBUILT pool LogBATHS LogBEDROOMS
LogPARCELSIZE_IN_ACRE LogLIVAREA APOPKA CHRISTMAS GOTHAMAITLAND MOUNT_DORA
OCOEE ORLANDO WINDERMERE WINTER_GARDEN WINTER_PARK ZIP3 ZIP7 ZIP8 ZIP9 ZIP10
ZIP11 ZIP12 ZIP13 ZIP14 ZIP15 ZIP16 ZIP17 ZIP18 ZIP19 ZIP20 ZIP21 ZIP22 ZIP23 ZIP24 ZIP25 ZIP26
ZIP27 ZIP28 ZIP29 ZIP30 ZIP31 ZIP32 ZIP33 ZIP34 ZIP35 ZIP36 ZIP37 ZIP38 f100_meter f500_meter
f1000_meter f1500_meter if LIVAREA <=1000

> reg LogPRICE WALLS_CONCRETE T TBUILT pool LogBATHS LogBEDROOMS
LogPARCELSIZE_IN_ACRE LogLIVAREA APOPKA CHRISTMAS GOTHAMAITLAND MOUNT_DORA
OCOEE ORLANDO WINDERMERE WINTER_GARDEN WINTER_PARK ZIP3 ZIP7 ZIP8 ZIP9 ZIP10
ZIP11 ZIP12 ZIP13 ZIP14 ZIP15 ZIP16 ZIP17 ZIP18 ZIP19 ZIP20 ZIP21 ZIP22 ZIP23 ZIP24 ZIP25 ZIP26
ZIP27 ZIP28 ZIP29 ZIP30 ZIP31 ZIP32 ZIP33 ZIP34 ZIP35 ZIP36 ZIP37 ZIP38 f100_meter f500_meter
f1000_meter f1500_meter if LIVAREA >=1001 & LIVAREA <= 2000

> reg LogPRICE WALLS_CONCRETE T TBUILT pool LogBATHS LogBEDROOMS
LogPARCELSIZE_IN_ACRE LogLIVAREA APOPKA CHRISTMAS GOTHAMAITLAND MOUNT_DORA
OCOEE ORLANDO WINDERMERE WINTER_GARDEN WINTER_PARK ZIP3 ZIP7 ZIP8 ZIP9 ZIP10
ZIP11 ZIP12 ZIP13 ZIP14 ZIP15 ZIP16 ZIP17 ZIP18 ZIP19 ZIP20 ZIP21 ZIP22 ZIP23 ZIP24 ZIP25 ZIP26
ZIP27 ZIP28 ZIP29 ZIP30 ZIP31 ZIP32 ZIP33 ZIP34 ZIP35 ZIP36 ZIP37 ZIP38 f100_meter f500_meter
f1000_meter f1500_meter if LIVAREA >=2001 & LIVAREA <= 3000

> reg LogPRICE WALLS_CONCRETE T TBUILT pool LogBATHS LogBEDROOMS
LogPARCELSIZE_IN_ACRE LogLIVAREA APOPKA CHRISTMAS GOTHAMAITLAND MOUNT_DORA
OCOEE ORLANDO WINDERMERE WINTER_GARDEN WINTER_PARK ZIP3 ZIP7 ZIP8 ZIP9 ZIP10
ZIP11 ZIP12 ZIP13 ZIP14 ZIP15 ZIP16 ZIP17 ZIP18 ZIP19 ZIP20 ZIP21 ZIP22 ZIP23 ZIP24 ZIP25 ZIP26

```

ZIP27 ZIP28 ZIP29 ZIP30 ZIP31 ZIP32 ZIP33 ZIP34 ZIP35 ZIP36 ZIP37 ZIP38 f100\_meter f500\_meter  
f1000\_meter f1500\_meter if LIVAREA >=3001 & LIVAREA <= 4000

> reg LogPRICE WALLS\_CONCRETE T TBUILT pool LogBATHS LogBEDROOMS  
LogPARCELSIZE\_IN\_ACRE LogLIVAREA APOPKA CHRISTMAS GOTHAMAITLAND MOUNT\_DORA  
OCOEE ORLANDO WINDERMERE WINTER\_GARDEN WINTER\_PARK ZIP3 ZIP7 ZIP8 ZIP9 ZIP10  
ZIP11 ZIP12 ZIP13 ZIP14 ZIP15 ZIP16 ZIP17 ZIP18 ZIP19 ZIP20 ZIP21 ZIP22 ZIP23 ZIP24 ZIP25 ZIP26  
ZIP27 ZIP28 ZIP29 ZIP30 ZIP31 ZIP32 ZIP33 ZIP34 ZIP35 ZIP36 ZIP37 ZIP38 f100\_meter f500\_meter  
f1000\_meter f1500\_meter if LIVAREA >=4001 & LIVAREA <= 5000

> reg LogPRICE WALLS\_CONCRETE T TBUILT pool LogBATHS LogBEDROOMS  
LogPARCELSIZE\_IN\_ACRE LogLIVAREA APOPKA CHRISTMAS GOTHAMAITLAND MOUNT\_DORA  
OCOEE ORLANDO WINDERMERE WINTER\_GARDEN WINTER\_PARK ZIP3 ZIP7 ZIP8 ZIP9 ZIP10  
ZIP11 ZIP12 ZIP13 ZIP14 ZIP15 ZIP16 ZIP17 ZIP18 ZIP19 ZIP20 ZIP21 ZIP22 ZIP23 ZIP24 ZIP25 ZIP26  
ZIP27 ZIP28 ZIP29 ZIP30 ZIP31 ZIP32 ZIP33 ZIP34 ZIP35 ZIP36 ZIP37 ZIP38 f100\_meter f500\_meter  
f1000\_meter f1500\_meter if LIVAREA >= 5001

> reg LogPRICE WALLS\_CONCRETE T TBUILT pool LogBATHS LogBEDROOMS  
LogPARCELSIZE\_IN\_ACRE LogLIVAREA APOPKA CHRISTMAS GOTHAMAITLAND MOUNT\_DORA  
OCOEE ORLANDO WINDERMERE WINTER\_GARDEN WINTER\_PARK ZIP3 ZIP7 ZIP8 ZIP9 ZIP10  
ZIP11 ZIP12 ZIP13 ZIP14 ZIP15 ZIP16 ZIP17 ZIP18 ZIP19 ZIP20 ZIP21 ZIP22 ZIP23 ZIP24 ZIP25 ZIP26  
ZIP27 ZIP28 ZIP29 ZIP30 ZIP31 ZIP32 ZIP33 ZIP34 ZIP35 ZIP36 ZIP37 ZIP38 f100\_meter f500\_meter  
f1000\_meter f1500\_meter if TBUILT <=1940

> reg LogPRICE WALLS\_CONCRETE T TBUILT pool LogBATHS LogBEDROOMS  
LogPARCELSIZE\_IN\_ACRE LogLIVAREA APOPKA CHRISTMAS GOTHAMAITLAND MOUNT\_DORA  
OCOEE ORLANDO WINDERMERE WINTER\_GARDEN WINTER\_PARK ZIP3 ZIP7 ZIP8 ZIP9 ZIP10  
ZIP11 ZIP12 ZIP13 ZIP14 ZIP15 ZIP16 ZIP17 ZIP18 ZIP19 ZIP20 ZIP21 ZIP22 ZIP23 ZIP24 ZIP25 ZIP26  
ZIP27 ZIP28 ZIP29 ZIP30 ZIP31 ZIP32 ZIP33 ZIP34 ZIP35 ZIP36 ZIP37 ZIP38 f100\_meter f500\_meter  
f1000\_meter f1500\_meter if TBUILT >=1941 & TBUILT <= 1950

> reg LogPRICE WALLS\_CONCRETE T TBUILT pool LogBATHS LogBEDROOMS  
LogPARCELSIZE\_IN\_ACRE LogLIVAREA APOPKA CHRISTMAS GOTHAMAITLAND MOUNT\_DORA  
OCOEE ORLANDO WINDERMERE WINTER\_GARDEN WINTER\_PARK ZIP3 ZIP7 ZIP8 ZIP9 ZIP10  
ZIP11 ZIP12 ZIP13 ZIP14 ZIP15 ZIP16 ZIP17 ZIP18 ZIP19 ZIP20 ZIP21 ZIP22 ZIP23 ZIP24 ZIP25 ZIP26  
ZIP27 ZIP28 ZIP29 ZIP30 ZIP31 ZIP32 ZIP33 ZIP34 ZIP35 ZIP36 ZIP37 ZIP38 f100\_meter f500\_meter  
f1000\_meter f1500\_meter if TBUILT >=1951 & TBUILT <= 1980

> reg LogPRICE WALLS\_CONCRETE T TBUILT pool LogBATHS LogBEDROOMS  
LogPARCELSIZE\_IN\_ACRE LogLIVAREA APOPKA CHRISTMAS GOTHAMAITLAND MOUNT\_DORA  
OCOEE ORLANDO WINDERMERE WINTER\_GARDEN WINTER\_PARK ZIP3 ZIP7 ZIP8 ZIP9 ZIP10  
ZIP11 ZIP12 ZIP13 ZIP14 ZIP15 ZIP16 ZIP17 ZIP18 ZIP19 ZIP20 ZIP21 ZIP22 ZIP23 ZIP24 ZIP25 ZIP26  
ZIP27 ZIP28 ZIP29 ZIP30 ZIP31 ZIP32 ZIP33 ZIP34 ZIP35 ZIP36 ZIP37 ZIP38 f100\_meter f500\_meter  
f1000\_meter f1500\_meter if TBUILT >=1981 & TBUILT <= 2000

> reg LogPRICE WALLS\_CONCRETE T TBUILT pool LogBATHS LogBEDROOMS  
LogPARCELSIZE\_IN\_ACRE LogLIVAREA APOPKA CHRISTMAS GOTHAMAITLAND MOUNT\_DORA  
OCOEE ORLANDO WINDERMERE WINTER\_GARDEN WINTER\_PARK ZIP3 ZIP7 ZIP8 ZIP9 ZIP10  
ZIP11 ZIP12 ZIP13 ZIP14 ZIP15 ZIP16 ZIP17 ZIP18 ZIP19 ZIP20 ZIP21 ZIP22 ZIP23 ZIP24 ZIP25 ZIP26  
ZIP27 ZIP28 ZIP29 ZIP30 ZIP31 ZIP32 ZIP33 ZIP34 ZIP35 ZIP36 ZIP37 ZIP38 f100\_meter f500\_meter  
f1000\_meter f1500\_meter if TBUILT >= 2001

## Appendix F: Regressie resultaten naar aanleiding van verschillende woonoppervlakte en bouwjaar

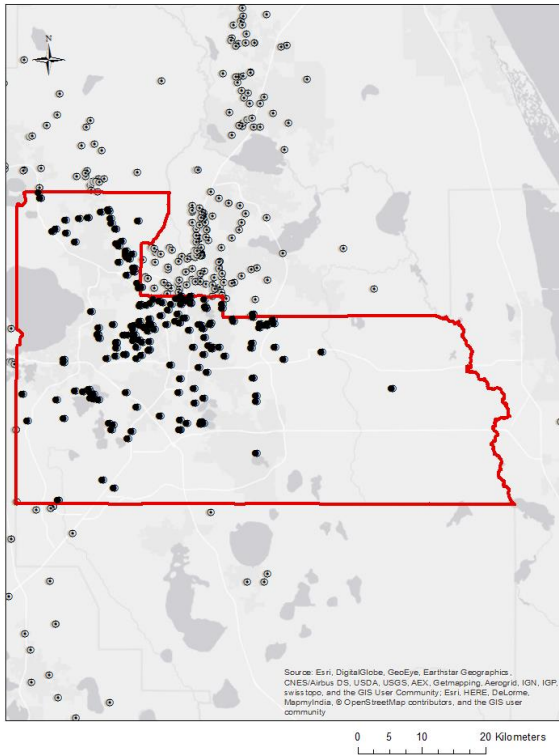
<1000 Livarea		1001-2000 Livarea		2001-3000 Livarea		3001-4000 Livarea		4001-5000 Livarea		>5000 Livarea													
LogPRICE	Coefficient	Sig	SE	Coefficient	Sig	SE	Coefficient	Sig	SE	Coefficient	Sig	SE											
WALLS_CONCRETE	-0.0010419	***	0.0098792	0.0516391	***	0.0017625	0.0369816	***	0.0038539	-0.0445928	***	0.0107798	-0.0810762	***	0.0254621	-0.1008396	***	0.0401845					
T	0.0437114	***	0.0004209	0.0398234	***	0.0001	0.043042	***	0.0002173	0.0648859	***	0.0006579	0.0888663	***	0.001604	0.1033815	***	0.0023222					
TBUILD	0.0014138	***	0.0002655	0.0038763	***	0.0000707	0.0020631	***	0.0001445	-0.0045949	***	0.0003447	-0.0102839	***	0.0007317	-0.0132146	***	0.0011763					
pool	0.0752386	***	0.0158781	0.0902649	***	0.0018469	0.1189247	***	0.0029454	0.1671437	***	0.0092842	0.2668296	***	0.0307227	0.2589333	***	0.0598231					
LogBATHS	0.1041006	***	0.0119572	0.1035694	***	0.0040209	0.0878009	***	0.0082652	0.1413437	***	0.00218094	0.1512118	***	0.0568054	0.2858187	***	0.0825885					
LogBEDROOMS	-0.025496	**	0.0161142	-0.0132056	***	0.0046787	-0.0239634	***	0.009504	-0.12558	***	0.0253245	-0.3198117	***	0.0636804	-0.3050326	***	0.0917476					
LogPARCELSIZE_IN_ACRE	0.0733946	***	0.0078539	0.0503028	***	0.0020008	0.0265931	***	0.0030319	-0.0070788	***	0.0072089	0.0467772	***	0.0174508	0.1425292	***	0.023851					
LogLVAREA	0.4282824	***	0.0325199	0.5938402	***	0.0049157	0.6033252	***	0.0145655	0.4537721	***	0.0511238	0.7210677	***	0.1636591	0.7913494	***	0.0929811					
f100_meter	-0.0204413	**	0.0270816	-0.0546015	***	0.0080039	-0.0587189	***	0.0190483	-0.0009084	***	0.0552436	0.0130867	***	0.1195535	-0.1322743	***	0.1741723					
f500_meter	-0.0169374	**	0.0104948	-0.0360937	***	0.0027055	-0.0117423	***	0.005895	0.0230435	***	0.015799	0.0901114	***	0.0384813	0.0304925	***	0.0590938					
f1000_meter	-0.0128617	*	0.0094332	-0.0303215	***	0.0023139	-0.0072187	***	0.0048085	-0.0102639	**	0.0129882	0.1062381	***	0.0307848	0.1441745	***	0.0479801					
f1500_meter	0.0105916	***	0.0093082	-0.0177922	***	0.002315	-0.0008901	***	0.0046536	0.0138339	***	0.0120528	0.0856565	***	0.027755	0.1191224	***	0.0377596					
Constante	-82.42357	***	1.084863	-80.28391	***	448.3995	-83.55914	***	4786814	-113.464	***	1.412982	-151.6147	***	3.515852	-176.8498	***	4.849836					
ZIPcodes effect	Ja			Ja				Ja					Ja				Ja						
CITY effects	Ja			Ja				Ja					Ja				Ja						
Aantial observaties			11.288	Aantial observaties			171.370	Aantial observaties			69.554	Aantial observaties			18.932	Aantial observaties			4.729	Aantial observaties			2.805
R-squared			0.5348	R-squared			0.6063	R-squared			0.4946	R-squared			0.4049	R-squared			0.4664	R-squared			0.5085

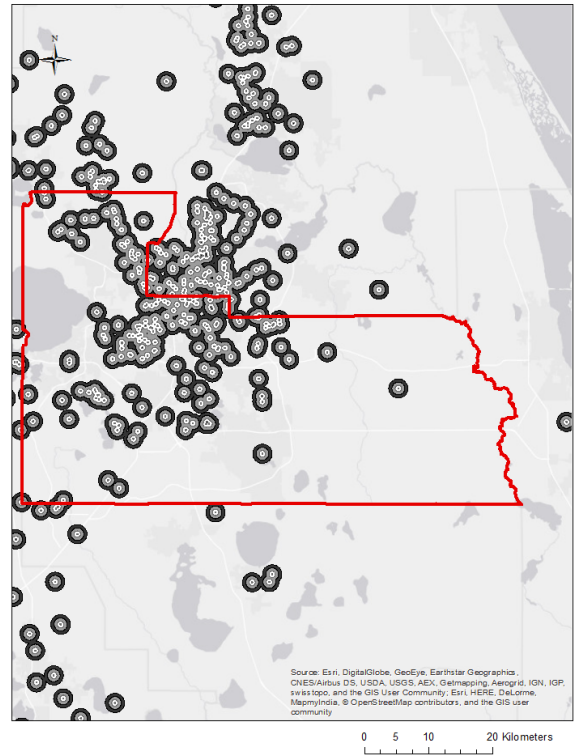
Year Built <1940		Year Built >1941 & <1950		Year Built >1951 & <1980		Year Built >1981 & <2000		Year Built >2001											
LogPRICE	Coefficient	Sig	SE	Coefficient	Sig	SE	Coefficient	Sig	SE	Coefficient	Sig	SE							
WALLS_CONCRETE	0.0451182	***	0.0186039	-0.0053357	***	0.0100688	0.030585	***	0.0031832	0.0328941	***	0.0020571	0.0783112	***	0.0133157				
T	0.0618504	***	0.0007048	0.0576455	***	0.0005868	0.0436719	***	0.0001617	0.0411352	***	0.0001269	0.0476512	***	0.0007509				
TBUILD	-0.0007045	***	0.0006547	-0.0056454	***	0.0017196	0.0060882	***	0.0001693	0.0026186	***	0.0002115	-0.0305033	***	0.001428				
pool	0.1225619	***	0.0152741	0.1478479	***	0.012799	0.1089462	***	0.0029165	0.1118901	***	0.0020706	0.1200302	***	0.0667104				
LogBATHS	0.0767549	***	0.0174442	0.0973889	***	0.015542	0.1053548	***	0.0052325	0.1224903	***	0.0058384	0.1659001	***	0.0170527				
LogBEDROOMS	-0.1406435	***	0.0242749	-0.1035601	***	0.0220258	-0.0258572	***	0.0069351	-0.0297505	***	0.0059976	-0.0098593	***	0.0130183				
LogPARCELSIZE_IN_F	0.1341124	***	0.013043	0.2092933	***	0.011821	0.154257	***	0.0033941	0.0463066	***	0.0021592	-0.0923447	***	0.0097224				
LogLVAREA	0.7026575	***	0.022288	0.5694685	***	0.0190334	0.5196878	***	0.0061502	0.6475683	***	0.0050844	0.6196961	***	0.0154205				
f100_meter	-0.1581492	***	0.00605776	0.0173263	***	0.0425104	-0.0242416	***	0.0104076	-0.0102018	***	0.0118264	-0.0811136	**	0.0488628				
f500_meter	0.0127316	**	0.0187788	-0.0406123	***	0.0151761	-0.024564	***	0.0041588	0.0038312	***	0.0033391	-0.0996927	***	0.0137				
f1000_meter	0.0211322	*	0.0158688	-0.0389449	***	0.0129411	-0.0191495	***	0.003827	0.0064351	***	0.0028118	-0.0376884	***	0.0102724				
f1500_meter	0.0357699	***	0.0150242	0.0309634	***	0.0122254	-0.0065679	***	0.0041007	0.0032174	***	0.0027333	-0.037177	***	0.0062539				
_cons	-116.3196	***	1.927208	-97.34003	***	3.55262	-92.23005	***	479007	-81.19633	***	0.4254743	-28.17593	***	2.848086				
ZIPcodes effect	Ja			Ja				Ja					Ja						
CITY effects	Ja			Ja				Ja					Ja						
Aantial observaties			6600	Aantial observaties			7759	Aantial observaties			72230	Aantial observaties			157747	Aantial observaties			34342
R-squared			0.6843	R-squared			0.6799	R-squared			0.6775	R-squared			0.6583	R-squared			0.4180

## Appendix G: Projectie van GIS kaarten

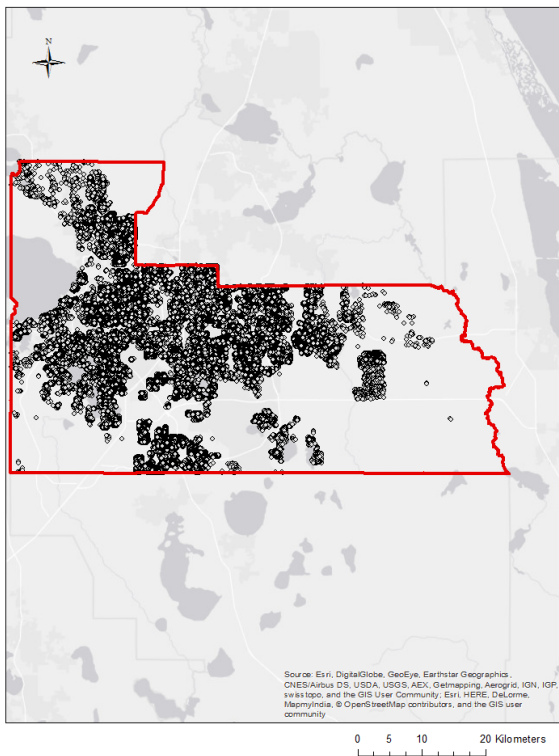
Sinkholes in Orange County



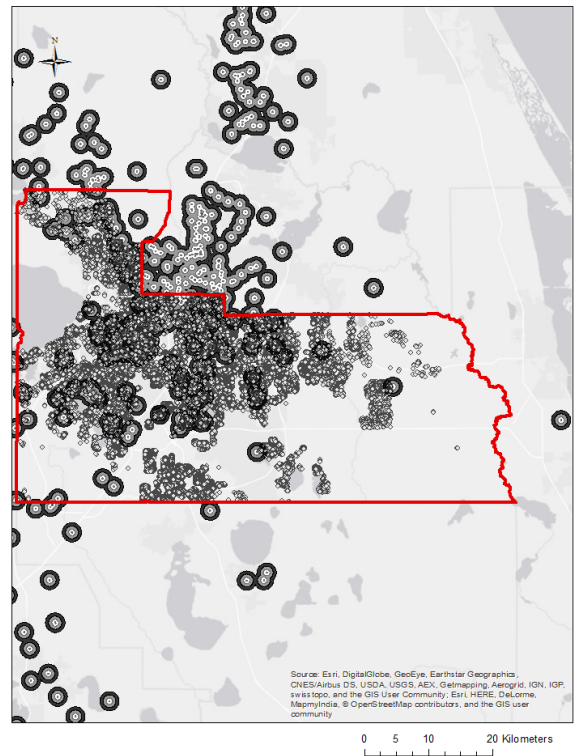
Afstandscirkels rond sinkholes in Orange County



Transacties in Orange County



Transacties binnen afstandscirkels Orange County



Appendix H: Sinkholes in grondsoorten in Orange County

Sinkholes in grondsoorten in Orange County

