

2011
2012

BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN

*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur: technologie-, innovatie- en
milieumanagement*

Masterproef

*De invloed van cadmium als verontreinigende stof en
andere factoren op de waarde van landbouwgrond in de
Belgische Kempen*

Promotor :
Prof. dr. Theo THEWYS

Copromotor :
De heer Eloi SCHREURS

Rob Hoogmartens

*Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de toegepaste
economische wetenschappen: handelsingenieur , afstudeerrichting technologie-, innovatie-
en milieumanagement*

2011
2012

BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN

*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur: technologie-, innovatie- en
milieumanagement*

Masterproef

*De invloed van cadmium als verontreinigende stof en
andere factoren op de waarde van landbouwgrond in de
Belgische Kempen*

Promotor :
Prof. dr. Theo THEWYS

Copromotor :
De heer Eloï SCHREURS

Rob Hoogmartens

*Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de toegepaste
economische wetenschappen: handelsingenieur , afstudeerrichting technologie-, innovatie-
en milieumanagement*

Woord Vooraf

Deze masterproef vormt het slotstuk van mijn opleiding tot Handelsingenieur aan de Universiteit Hasselt. Aan de basis van deze masterproef liggen mijn interesses in alles wat met milieu, duurzaamheid en hernieuwbare energie te maken heeft en mijn gekozen afstudeerrichting. Het onderwerp 'De invloed van cadmium als verontreinigende stof en andere factoren op de waarde van landbouwgrond in de Belgische NoorderKempen' past perfect binnen deze context. Door huidige masterproef uit te werken, kon ik me verdiepen in een probleem dat zich voordoet in de Belgische NoorderKempen en was ik in staat om nuttige informatie te genereren die op zijn beurt gebruikt kan worden in verder onderzoek omtrent cadmiumverontreiniging en/of fyto-remediatie.

De totstandkoming van deze masterproef verliep niet altijd even vlot. Het bekomen resultaat had ik dan ook nooit bereikt zonder de medewerking en steun van bepaalde personen. Daarom wil ik langs deze weg graag een dankwoord richten tot iedereen die rechtstreeks of onrechtstreeks heeft bijgedragen aan de realisatie van huidige masterproef.

In de eerste plaats zou ik graag mijn promotor, prof. dr. Theo Thewys, bedanken voor de nuttige aanwijzingen en punten van kritiek die hij gedurende het academiejaar geformuleerd heeft. Zijn globale kijk op allerhande aspecten en methodes die in huidige masterproef ter sprake komen, zorgde ervoor dat ik steeds tot een gedegen uitwerking kon overgaan.

Ook mijn copromotor, Eloi Schreurs, verdient een groot woord van dank. Hij was steeds bereid de nodige feedback te geven op basis waarvan ik verder kon gaan met het uitvoeren van huidig onderzoek. Hij heeft een grote constructieve bijdrage geleverd bij het opbouwen van de dataset, waardoor zijn bijdrage als onmisbaar beschouwd kan worden. Het advies dat hij gaf op ingeleverde teksten was steeds van groot belang. Hij was steeds bereid om bijkomende, nuttige informatie te verschaffen en zijn visie te geven omtrent de voortgang en samenstelling van huidige masterproef.

Vervolgens wil ik die personen en instanties bedanken die de nodige informatie verschaffen waarmee huidige masterproef uitgewerkt kon worden. Hierbij denk ik vooral aan Amy De Sloovere van OVAM, aan de mensen van de infolijn bodem binnen OVAM en aan de gemeentelijke diensten van de betrokken gemeentes. Ook de hulp van prof. dr. Ludo Peeters en prof. dr. Mark Vancauteran was in het uitvoeren van de econometrische analyse van groot belang.

Tot slot wil ik graag een woord van dank richten aan mijn ouders. Zonder hun morele en financiële steun was ik nooit in staat geweest om universitaire studies te volgen en huidige masterproef uit te werken. Ook mijn broer heeft me steeds bijgestaan. Verder zou ik graag mijn medestudenten en andere vrienden bedanken. Zij zorgden ervoor dat ik ook in drukke en stressvolle periodes steeds weer de moed vond om aan huidige masterproef verder te werken.

Samenvatting

De aanwezigheid van zinkfabrieken in de Vlaamse NoorderKempen is een veelbesproken onderwerp. De voorbije jaren werden er dan ook verschillende onderzoeken uitgevoerd die zich toespitsten op deze problematiek. Huidige masterproef focust zich op de cadmiumverontreiniging die in het verleden door de fabrieken werd veroorzaakt. De fabrieken waar het in deze masterproef om gaat, zijn deze die gelegen zijn in Balen en Overpelt en deze die gelegen was in Lommel. Hoewel de nog bestaande fabrieken sinds 1973 geen verontreinigende stoffen meer uitstoten, is de cadmiumverontreiniging momenteel nog altijd aanwezig in de bodem van de Vlaamse Kempen.

In hoofdstuk 2 wordt het onderzoeksgebied besproken dat onderwerp is van huidige masterproef. Dit gebied bestaat uit de gemeentes Balen, Hamont-Achel, Hechtel-Eksel, Lommel, Mol, Neerpelt en Overpelt. Een totale oppervlakte van 2.041 hectaren is in dit gebied verontreinigd met minstens 1,2 kg cadmium kg^{-1} bodem. Hoewel er reeds begonnen werd met het afgraven van verontreinigde gronden, is het economisch en praktisch gezien niet haalbaar om alle verontreinigde gebieden op die manier te zuiveren. Het is daar waar fyto remediatie een oplossing in kan bieden. Deze techniek, besproken in hoofdstuk 3, laat immers toe dat een zuivering van verontreinigde grond gecombineerd kan worden met het telen van fyto remedierende gewassen. Door het telen van deze gewassen kan het inkomen van een landbouwer gegarandeerd blijven. De hoogte van dit inkomen is, samen met de lange tijdsduur die nodig is bij fyto remediatie, echter een probleem waarmee omgegaan dient te worden. Het inkomen uit fyto remediatie wordt dikwijls privaat bekeken. Opbrengsten die dan in rekening worden gebracht, zijn bijvoorbeeld opbrengsten uit biomassa en eventuele restproducten. Bovenop deze inkomsten zou een toekomstige baat in rekening gebracht kunnen worden waardoor de fyto remediatietechniek rendabeler en aantrekkelijker wordt vanuit het oogpunt van de landbouwer. Dit is de toekomstige baat ten gevolge van het stijgen van de waarde van landbouwgrond na de fyto remedatieperiode. Doordat in huidige masterproef nagegaan wordt of de waarde van landbouwgrond daalt wanneer er cadmiumverontreiniging aanwezig is, kan onrechtstreeks ook besloten worden of fyto remediatie ervoor zorgt dat de waarde van landbouwgrond terug stijgt. In dat opzicht draagt huidige masterproef eventueel bij aan het aantrekkelijker worden van de fyto remediatietechniek.

Aangezien prijzen van landbouwgrond ontstaan bij het overdragen van landbouwgronden tussen verkoper en koper, wordt er in huidige masterproef uitgebreid ingegaan op de procedure die doorlopen dient te worden bij het overdragen van landbouwgrond. Dit vindt plaats in hoofdstuk 4. Omdat de cadmiumverontreiniging in het onderzoeksgebied tot stand kwam voor 29 oktober 1995, gaat het in huidige masterproef om historische verontreiniging. Het is dan ook op dat soort verontreiniging dat er gefocust wordt bij het bespreken van de procedures. De procedure die doorlopen dient te worden bij de overdracht van landbouwgrond, wordt besproken voor zogenaamde risico- en niet-risicogronden aangezien landbouwgronden die in het onderzoeksgebied gelegen zijn, op beide manieren geclassificeerd kunnen staan. Het is vooral op gebied van niet-risicogrond dat de procedure van overdracht nogal vreemd in elkaar zit. Hoewel het bij dergelijke

gronden voldoende is om een bodemattest aan te vragen wanneer de grond verkocht wordt, is dit bodemattest meestal niet volledig ingevuld. Dit heeft tot gevolg dat er perfect overgegaan kan worden tot het overdragen van een verontreinigde, niet-risicogrond zonder dat de potentiële koper van de verontreiniging op de hoogte is.

In hoofdstuk 5 wordt uitgebreid de waarderingmethode besproken die gebruikt wordt bij het inschatten van de effecten die de verschillende variabelen hebben op de prijs van landbouwgrond. Hoewel cadmiumconcentratie het hoofddoel is waartoe huidig onderzoek wordt uitgevoerd, is het immers zo dat ook het effect van andere variabelen op de prijs van landbouwgrond wordt nagegaan. Dit heeft tot gevolg dat er op elk van deze variabelen een waarde geplakt moet worden hetgeen niet altijd eenvoudig is aangezien er geen markt bestaat voor bijvoorbeeld cadmiumverontreiniging of grondmobiliteit. De hedonistische prijsanalyse biedt hierin de perfecte oplossing. Dit soort van analyse laat immers toe van op elk van de verklarende variabelen een prijs te plakken die afgeleid wordt van de totale perceelsprijs die voor de bundel van kenmerken betaald wordt. De prijzen die zo voor de verschillende variabelen verkregen worden, worden ook wel impliciete of schaduw prijzen genoemd. Een bijkomend voordeel van de hedonistische prijsanalyse is het feit dat de impliciete prijs van een bepaald kenmerk geïnterpreteerd kan worden als de MWTP van de gemiddelde consument of de MWTP van de populatie voor dat bepaald kenmerk. Daarnaast is het zo dat de impliciete prijs van een bepaald kenmerk onder bijkomende voorwaarden geïnterpreteerd kan worden als een aanvaardbare benadering voor de lange termijn waarde van een verandering in dat kenmerk en als het welvaartsvoordeel dat het kenmerk met zich meebrengt. Naast deze bijzonder handige capaciteiten, is een hedonistische prijsanalyse perfect toepasbaar in de context van lokale externaliteiten zoals cadmiumverontreiniging. Dit alles zorgt ervoor dat de hedonistische prijsanalyse in huidige masterproef wordt toegepast. De regressie waarvan de verschillende verklarende variabelen deel uitmaken, vormt dan ook een hedonistische prijsvergelijking.

In hoofdstuk 6 worden de variabelen besproken die opgenomen worden in de hedonistische prijsvergelijking. Bij de selectie van deze variabelen wordt aandacht besteed aan de relevantie van de verschillende variabelen in de context van huidig onderzoeksgebied. Enkel die variabelen waarvan verwacht wordt dat ze in huidig onderzoeksgebied invloed uitoefenen op het prijsvormingsproces van landbouwgrond, komen in aanmerking. Ondermeer variabelen zoals de afstand tot het centrum, bevolkingsdruk en grondmobiliteit werden op die manier geïdentificeerd. Naast het opnemen van deze variabelen wordt er rekening gehouden met de aanwezigheid van ruimtelijke effecten waaronder ruimtelijke heterogeniteit en ruimtelijke autocorrelatie. Aangezien een gewone OLS-schatting niet langer toegepast mag worden wanneer er ruimtelijke effecten aanwezig zijn, wordt de ML-methode gebruikt. De hedonistische prijsvergelijking wordt aan de hand van deze methode geschat met behulp van het programma GeoDa.

In hoofdstuk 7 worden de resultaten (modelstatistieken, coëfficiënten en significantieniveaus) weergegeven en besproken. Op gebied van modelstatistieken is het duidelijk dat een ruimtelijk model beter is dan een regressiemodel waarin geen rekening gehouden wordt met de aanwezigheid van ruimtelijke autocorrelatie. Zowel de Log likelihood test, het Akaike info criterion als de Likelihood Ratio Test geven aan dat het ruimtelijk model beter is. De numerieke variabelen die in huidig onderzoeksgebied een significant effect blijken te hebben op de prijs van landbouwgrond, zijn de oppervlakte van landbouwgrond en de mate van bevolkingsdruk in een straal van 1.000 meter rondom de landbouwgrond. Wanneer de oppervlakte met één hectare toeneemt, blijkt de geïnflateerde prijs per m² met 1% af te nemen. Deze prijs per m² blijkt daarentegen toe te nemen met 0,0235% wanneer het aantal adressen in een straal van 1.000 meter rondom de landbouwgrond met één eenheid toeneemt. Op gebied van dummyvariabelen blijkt de prijs van veengrond significant lager te liggen dan de prijs van droge zandgrond. De prijs van antropogene grond daarentegen blijkt significant hoger te liggen dan de prijs van droge zandgrond. Hoewel de gestage stijging die de prijzen van landbouwgrond de laatste jaren doormaken ook in huidig onderzoek wordt teruggevonden, zijn enkel de prijzen van 2005 en 2009 significant lager dan de prijzen die in 2011 voor landbouwgrond betaald werden.

Uit huidige masterproef is gebleken dat er geen bewijs gevonden kan worden voor een significant effect van cadmiumverontreiniging op de prijs van landbouwgrond. Zowel de coëfficiënt van de variabele waarmee de cadmiumconcentratie wordt voorgesteld als de coëfficiënt van de variabele waarmee de afstand tot de fabriek worden voorgesteld, zijn niet significant. Er kan dus besloten worden dat de cadmiumverontreiniging in het onderzoeksgebied geen rol speelt in het prijsvormingsproces van landbouwgrond. Landbouwers blijken ofwel geen rekening te houden met een eventuele aanwezigheid van cadmiumverontreiniging ofwel gewoonweg niet op de hoogte te zijn van de verontreiniging. De bevinding die gedaan werd in hoofdstuk 4 in verband met het kunnen overdragen van een verontreinigde, niet-risicogrond zonder dat de koper op de hoogte is van de verontreiniging, kan hiervoor een mogelijke verklaring bieden. Of een waardeestijging van landbouwgrond als positieve baat van fyto-remediatie aanschouwd kan worden, is dan ook hoogst twijfelachtig.

Inhoudsopgave

Woord Vooraf	I
Samenvatting	III
Lijst met gebruikte afkortingen	XI
Lijst met figuren	XII
Lijst met tabellen	XIII
Hoofdstuk 1: Inleiding tot onderzoek	1
1.1 Probleemstelling	1
1.2 Centrale onderzoeksvraag en deelvragen	2
1.3 Doelstellingen en onderzoeksopzet	3
1.3.1 Onderzoeksopzet	3
1.3.1.1 Deelvraag 1	4
1.3.1.2 Deelvraag 2	4
1.3.1.3 Deelvraag 3	5
Hoofdstuk 2: Zware metalen in de Vlaamse NoorderKempen	9
2.1 Situering van de Vlaamse Kempen	9
2.2 Situering van het onderzoeksgebied	10
2.3 Bespreking verontreiniging	12
2.3.1 Verdere verloop	13
2.3.2 Graad van verontreiniging	14
2.3.3 Gevolgen voor de mens	18
2.3.4 Normen	21
2.3.5 Oplossingen	24
Hoofdstuk 3: Fytoremediatie op landbouwgrond in de Vlaamse Kempen	27
3.1 Voordelen van fyto-extractie	28
3.2 Nadelen van fyto-extractie	29
3.3 Fyto-extractie in het onderzoeksgebied	30
3.3.1 Voor- en nadelen	30
3.3.2 Mogelijke gewassen	30
3.3.2.1 Wilg	32

3.3.2.2 Energiemaïs	33
3.3.2.3 Koolzaad	33
Hoofdstuk 4: Actoren en procedures bij de overdracht van landbouwgrond.....	35
4.1 Literatuur ter zake	35
4.2 Begrippen	35
4.2.1 Risico- en niet-risicoground	35
4.2.2 Historische en niet-historische bodemverontreiniging.....	36
4.2.3 Oriënterend en beschrijvend bodemonderzoek	36
4.2.4 Bodemattest.....	38
4.3 Betrokken actoren	39
4.4 Procedure bij de overdracht van landbouwgrond	41
4.4.1 Procedure bij de overdracht van risicoground	41
4.4.2 Procedure bij de overdracht van niet-risicoground	43
Hoofdstuk 5: Waarderingsmethode	47
5.1 Inleiding	47
5.2 Algemene waarderingsmodellen	47
5.3 De hedonistische prijsanalyse.....	50
5.3.1 Algemene beschrijving	50
5.3.2 Literatuurstudie	51
5.3.3 Hedonistische prijsanalyse in twee stappen	53
5.3.3.1 Problemen bij het uitvoeren van de tweede fase	56
5.3.3.2 Oplossingen	58
5.3.4 Welvaartsmetingen op basis van de één-staps hedonistische prijsanalyse	60
5.3.5 Hedonistische prijsvergelijking	62
5.3.6 Voor- en nadelen van de hedonistische prijsanalyse	68
5.3.7 Voorwaarden bij het uitvoeren van de prijsanalyse	69
5.3.7.1 Voorwaarden hedonistische prijsanalyse	69
5.3.7.2 Voorwaarden OLS-regressieanalyse.....	71
Hoofdstuk 6: Bespreking van de variabelen	73
6.1 Geïnflateerde prijs	73

6.2	Cadmiumconcentratie.....	75
6.3	Afstand tot verontreinigingbron	77
6.4	Oppervlakte	77
6.5	Afstand tot het gemeentelijk centrum.....	78
6.6	Bevolkingsdruk.....	80
6.7	Grondmobiliteit.....	82
6.8	Bestemmingstype	84
6.9	Bodemtype	85
6.10	Jaar van verkoop.....	87
6.11	Gemeente	90

Hoofdstuk 7: De invloed van cadmiumverontreiniging en andere factoren op de prijs van landbouwgrond 97

7.1	Gegevensverzameling en bewerking van de dataset.....	97
7.2	Verkennde data-analyse.....	104
7.2.1	Beschrijvende statistieken	104
7.2.2	Correlaties.....	105
7.2.3	Ruimtelijke heterogeniteit	109
7.2.4	Ruimtelijke autocorrelatie.....	111
7.3	Schatten van de hedonistische prijsvergelijking	112
7.3.1	OLS-voorwaarden.....	113
7.3.2	Uitwerking regressieanalyse	113
7.3.3	Ruimtelijke autocorrelatie.....	117
7.4	Bespreking resultaten.....	121
7.4.1	Modelstatistieken	121
7.4.2	Coëfficiënten	121
7.4.2.1	Ruimtelijke autoregressieve afhankelijke variabele	122
7.4.2.2	Cadmiumconcentratie	122
7.4.2.3	Afstand tot de verontreinigingbron	122
7.4.2.4	Oppervlakte	123
7.4.2.5	Bevolkingsdruk	123

7.4.2.6 Grondmobiliteit	124
7.4.2.7 Bestemmingstype	124
7.4.2.8 Bodemtype.....	125
7.4.2.9 Jaar van verkoop	125
7.4.3 Interpretatievoorbeeld	126
7.4.4 Type Verkoop	127
Hoofdstuk 8: Conclusie.....	131
Hoofdstuk 9: Suggesties voor verder onderzoek	137
Lijst van geraadpleegde werken.....	138
Bijlagen	147
Bijlage 1: Prijsgegevens Stadim.....	147
Bijlage 2: Beschrijvende statistieken	149
Bijlage 3: Clusteranalyse	152
Bijlage 4: Verdeling van geïnflateerde prijsgegevens	154
Bijlage 5: Bestemmingstypes geclusterd	155
Bijlage 6: Finale regressie zonder ruimtelijke autocorrelatie	156
Bijlage 7: Regressie voor verkopen uit de hand (zonder ruimtelijke autocorrelatie)	157
Bijlage 8: Regressie voor openbare verkopen (zonder ruimtelijke autocorrelatie)	158

Lijst met gebruikte afkortingen

AGW: Achter Grond Waarde

BATNEEC: Best Available Technique Not Entailing Excessive Cost

BSN: Bodem Sanering Norm

CBS: Centraal Bureau voor de Statistiek

CPI: Consumer Price Index

EHS: Ecologische Hoofd Structuur

EMIS: Energie en Milieu Informatie Systeem

GIS: Geografisch Informatie Systeem

LISA: Local Indicators of Spatial Association

LM: Lagrange Multiplier

MCTP: Marginal Cost to Produce

ML: Maximum Likelihood

MWTP: Marginal Willingness to Pay

OLS: Ordinary Least Squares

OVAM: Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij

WHO: World Health Organization

Lijst met figuren

Figuur 1: Kaart Limburgse en Antwerpse Kempen.	9
Figuur 2: Achtergrondconcentraties cadmium in de Vlaamse bodem.	15
Figuur 3: Hoogste meetwaarden cadmium in de Vlaamse bodem.....	16
Figuur 4: Bodemconcentratie cadmium in het onderzoeksgebied.	17
Figuur 5: Bodemconcentratie cadmium in het onderzoeksgebied.	18
Figuur 6: Urinair cadmium.....	20
Figuur 7: Kans op longkanker t.g.v. cadmium.	21
Figuur 8: Fyto-extractie principe.	28
Figuur 9: Procedureschema risico- en niet-risicoground.	46
Figuur 10: Detrimental condition model.	48
Figuur 11: Model van subjectief gezondheidsrisico en eigendoms waarde.	50
Figuur 12: Hedonistisch evenwicht.	54
Figuur 13: Vraag- en aanbodmodel met het verschil in prijs bij verschillende landbouwgronden. ...	56
Figuur 14: Overzicht van verschillende bodemtypes in Vlaanderen.	86
Figuur 15: Gemiddelde verkoopprijzen van landbouwgrond in Vlaanderen.	88
Figuur 16: 455 landbouwgronden in het onderzoeksgebied.	99
Figuur 17: Onderzoeksgebied met polygonen.....	101
Figuur 18: Boxplot van geïnflateerde prijs per m ²	101
Figuur 19: Boxmap met outliers.	103
Figuur 20: Correlaties grafisch weergegeven.....	108
Figuur 21: Ruimtelijke verdeling van GEINPR_MKW en OPPERVLAKT.	110
Figuur 22: LISA clusterkaarten (1% en 5% significantieniveau).	112

Lijst met tabellen

Tabel 1: Geteelde gewassen in de Vlaamse Kempen (2010).....	10
Tabel 2: Cijferkundige gegevens m.b.t. het onderzoeksgebied.	11
Tabel 3: Streefwaarden voor de bodemkwaliteit.	15
Tabel 4: Bodemsaneringnormen.....	22
Tabel 5: Richtwaarden voor de bodemkwaliteit.	24
Tabel 6: Gemiddelde verkoopprijs van landbouwgrond in euro/m ² na eliminatie van de 25% goedkoopste verkopen en de 25% duurste verkopen (periode 2002-2004).....	74
Tabel 7: Gemiddelde verkoopprijs van landbouwgrond in euro/m ² na eliminatie van de 25% goedkoopste verkopen en de 25% duurste verkopen (periode 2005-2007).....	75
Tabel 8: Gemiddelde, geïnflateerde verkoopprijs in euro/m ² (over alle gemeentes).	89
Tabel 9: Gemiddelde, geïnflateerde verkoopprijs in euro/m ² (periode 2000-2011).....	91
Tabel 10: Overzicht van de opgenomen variabelen.	92
Tabel 11: Identificatie en beschrijving van variabelen.	94
Tabel 12: Pearson correlatiecoëfficiënten.....	106
Tabel 13: Statistische testen in verband met ruimtelijke autocorrelatie.	118
Tabel 14: Finale regressie met ruimtelijke autocorrelatie.	120
Tabel 15: Verandering in de prijs per m ² bij veranderingen in verklarende variabelen.....	126
Tabel 16: Independent Samples T-Test: Group Statistics.	129
Tabel 17: Independent Samples T-Test.	129

Hoofdstuk 1: Inleiding tot onderzoek

1.1 Probleemstelling

Door de aanwezigheid van metaalverwerkende industrie in de Kempen, werden de landbouwgronden er tussen het einde van de 19^{de} eeuw en het midden van de jaren '70 van de 20^{ste} eeuw sterk verontreinigd met zware metalen zoals cadmium en zink. Vooral de aanwezigheid van cadmium vormt een bedreiging omdat de stof door de zure landbouwgrond in de Kempen mobiel wordt gemaakt en dus kan worden opgenomen door planten (Rietra 2004); (Degryse and Smolders 2006); (Projectbureau Actief Bodembeheer de Kempen 2008). De aanwezigheid van deze zware metalen in de bodem brengt heel wat risico's met zich mee voor Vlaamse landbouwers. Door de verhoogde gehalten aan zware metalen in de bodem en door de vlotte opname hiervan door planten, zijn de cadmiumgehalten in bepaalde gewassen hoger dan de Europese gewasnorm toelaat. Dit heeft tot gevolg dat de groenteverwerkende sector geen contracten meer afsluit met Vlaamse landbouwers die zich in de meest verontreinigde gemeentes zoals Balen, Hamont-Achel, Lommel, Mol, Neerpelt en Overpelt bevinden. Dit is nadelig voor de betrokken landbouwers omdat het telen van groenten voor vele landbouwers een hoofdkomen of alternatief inkomen biedt naast de hoofdactiviteit van het landbouwbedrijf zoals bijvoorbeeld veeteelt.

In tegenstelling tot verontreinigingen die veroorzaakt zijn door organische stoffen, kunnen zware metalen in de bodem niet afgebroken worden door micro-organismen. De meest voorkomende en/of belangrijkste oplossing die tot voor kort voorhanden was, was de verontreinigde grond af te graven en het verontreinigde grondwater op te pompen. Het is praktisch en economisch gezien echter niet haalbaar om de verontreinigde gebieden allemaal op deze manier te zuiveren (Boschmans 2010).

Fytoremediatie kan in deze problematiek een oplossing bieden. Het is immers een redelijk nieuwe, natuurlijke techniek die gebruikt kan worden om bodems te zuiveren. Voordelen van de fyto-remediatietechniek zijn de kostprijs en milieuvriendelijkheid ervan (Chaney, Malik et al. 1997); (Salt, Blaylock et al. 1995). Ook levert de techniek het voordeel op dat er tijdens de fyto-remediatieperiode biomassa geproduceerd wordt die gebruikt kan worden om hernieuwbare energie op te wekken. Een nadeel van deze techniek is echter dat het zuiveren van gronden zeer lang duurt. Ondermeer omwille van dit nadeel is het implementeren van een fyto-remediatieteelt als bodemzuiverend gewas niet vanzelfsprekend in de Kempen. Het probleem is immers dat een landbouwer tijdens deze lange fyto-remediatieperiode geen gewassen kan telen die hij anders bij zijn gewone bedrijfsuitoefening zou telen. Om dit probleem te compenseren, moet er naar een evenwicht gestreefd worden tussen het inkomen dat de landbouwer tijdens de fyto-remediatieperiode ontvangt en de snelheid waarmee zijn grond gezuiverd wordt. Dit evenwicht is noodzakelijk wanneer er gestreefd wordt naar een duurzame sanering van verontreinigde gronden en naar een bereidwillige medewerking van landbouwers. Het verkregen inkomen mag

zeker niet lager zijn dan het inkomen van de landbouwer tijdens normale bedrijfsuitoefening. Vaak wordt het inkomen van de landbouwer uit fytoremediatieteelten privaat bekeken. Opbrengsten die dan in rekening gebracht dienen te worden, zijn de verkoop van biomassa, de verkoop van restproducten en eventuele subsidies. Een bijkomende mogelijkheid is het in rekening brengen van toekomstige baten voor de landbouwers. Hoewel toekomstige baten soms minder belangrijk bevonden worden en dus minder in rekening gebracht worden, kunnen ze een zeer gunstige invloed hebben op de rendabiliteit van de fytoremediatietechniek. Door het feit dat een mogelijke gebruiksbeperking wordt opgeheven nadat de bodem gezuiverd is, kan de grond immers voor meer doeleinden gebruikt worden dan in de periode voordat de sanering plaatsvond. Er kunnen terug gewassen op geteeld worden van hogere waarde, wat een positieve verandering in de waarde van landbouwgrond met zich mee kan brengen. Wanneer deze toekomstige baat in rekening wordt gebracht, kan dit een wijziging in het standpunt van de landbouwer ten opzichte van het toepassen van de fytoremediatietechniek met zich meebrengen. Ook vanuit het oogpunt van de overheid is het interessant om toekomstige baten in het kostenplaatje te betrekken. De toekomstige baten vormen immers een extra stimulans om tot fytoremediatie over te gaan.

In deze masterproef wordt nagegaan of de aanwezigheid van cadmiumverontreiniging een negatieve invloed heeft op de waarde van landbouwgrond. Ook de eventuele invloed van andere factoren wordt nagegaan. Doordat er met behulp van de resultaten een inschatting gemaakt kan worden van de negatieve gevolgen van cadmiumverontreiniging op de prijs van landbouwgrond, kan onrechtstreeks ook geconcludeerd worden of het zuiverend effect van fytoremediatie een stijging van de waarde van landbouwgrond met zich meebrengt. Mocht dit het geval zijn, dan kan de waardestijging van de betreffende grond opgenomen worden als een belangrijke toekomstige baat en kan fytoremediatie als saneringstechniek aantrekkelijker en rendabeler worden.

1.2 Centrale onderzoeksvraag en deelvragen

De problematiek in verband met het bepalen van een mogelijke waardedaling van landbouwgrond ten gevolge van de aanwezigheid van cadmium als zwaar metaal, is het hoofdonderwerp van huidig onderzoek. Ook andere factoren die mogelijk een effect hebben op de prijs van landbouwgrond, worden in huidig onderzoek opgenomen. Daarom ziet de centrale onderzoeksvraag waarop in dit onderzoek een antwoord geformuleerd wordt, er dan ook als volgt uit:

In welke mate hebben maatstaven voor verontreinigingrisico's en andere factoren een invloed op de prijs van landbouwgronden in de NoorderKempen?

Omdat de centrale onderzoeksvraag niet in enkele woorden te beantwoorden valt, is het nodig dat deze opgesplitst wordt in enkele deelvragen. De eerste deelvraag tracht een soort van inleidende kennis op te bouwen waarop het verdere onderzoek zal steunen. Het verdere onderzoek tracht een antwoord te formuleren op de twee laatste deelvragen. Dit verdere onderzoek bestaat uit een statistische analyse waarin nagegaan wordt of cadmiumverontreiniging en andere factoren een

significante invloed hebben op de prijs die voor landbouwgrond verkregen wordt. De drie deelvragen worden hieronder weergegeven:

- 1. Waaruit bestaat de procedure die doorlopen dient te worden bij de overdracht van landbouwgrond (risico- en niet-risicogrond)? Welke zijn de actoren die een rol spelen en aan welke voorwaarden moet er voldaan worden vooraleer er overgegaan kan worden tot de overdracht?*
- 2. In welke mate heeft cadmiumverontreiniging een prijsdaling van landbouwgrond, gelegen in de Belgische NoorderKempen, tot gevolg?*
- 3. Welke andere variabelen (buiten de cadmiumverontreiniging) hebben een invloed op de prijs die voor landbouwgrond betaald wordt?*

1.3 Doelstellingen en onderzoeksopzet

De doelstelling van huidig onderzoek is het formuleren van een antwoord op elk van drie bovenstaande deelvragen. Daarmee wordt vanzelfsprekend ook de centrale onderzoeksvraag beantwoord. Het antwoord op deze vraag zou een goed inzicht moeten geven in de problematiek zoals die in de probleemstelling werd beschreven. Indien er waardewijzigingen in landbouwgrond worden vastgesteld, kan dit immers wijzigingen in de verzameling van beweegredenen die de Vlaamse landbouwer ertoe kunnen aanzetten om tot fyto-remediatie over te gaan, tot gevolg hebben. Dit kan leiden tot een stijging van de rendabiliteit van fyto-remediatieteelten vanuit het oogpunt van de Vlaamse landbouwer. Ook kan het resultaat aanleiding geven tot wijzigingen in het huidige ondersteuningsbeleid van de overheid ten aanzien van fyto-remediatie.

Het onderzoek begint met een uitgebreide literatuurstudie. Voor elk van de drie deelvragen wordt dergelijke literatuurstudie uitgevoerd. De graad van uitgebreidheid en grootte van de verkennende literatuurstudie hangt af van de hoeveelheid informatie die in de literatuur terug te vinden is omtrent de bijhorende deelvraag. De uit te voeren literatuurstudies gebeuren steeds op een wetenschappelijk verantwoorde manier en het doel is om zoveel mogelijk aandacht te hechten aan betrouwbare bronnen. Het gaat hierbij om wetenschappelijke artikelen en rapporten, wetteksten, rapporten van overheden en regulerende instanties en andere officiële en betrouwbare informatiebronnen. Natuurlijk zullen ook andere bronnen geraadpleegd worden zoals tijdschriften, media en boeken. Het eigen onderzoek kan verder ondermeer gebeuren door persoonlijk contact met de betrokken instanties, organisaties, overheden, gemeentes en personen.

1.3.1 Onderzoeksopzet

De onderzoeksopzet horende bij elk van de drie deelvragen, wordt hieronder weergegeven. Deze onderzoeksopzet beschrijft de manier waarop getracht wordt een antwoord te formuleren op de verschillende deelvragen en daarmee ook op de centrale onderzoeksvraag. Deze manieren kunnen erin bestaan literatuurstudies uit te voeren en/of gesprekken met relevante instanties en personen te voeren. Ook de stappen die doorlopen worden bij het uitvoeren van de statistische analyse die de basis vormt van deelvragen 2 en 3, worden in de bijhorende onderzoeksopzetten besproken.

1.3.1.1 Deelvraag 1

Hoewel er reeds veel informatie omtrent de eerste deelvraag teruggevonden werd in een verkennende literatuurstudie, bestaan er toch nog wat onduidelijkheden die niet eenvoudig weg te werken vallen. Zo is vooral het feit dat er perfect tot het overdragen van een verontreinigde, niet-risicogronde overgegaan kan worden zonder dat de koper van de verontreiniging op de hoogte is, een vreemde bevinding die zeker bevestigd moet worden in bijkomend onderzoek. Ook de volgorde waarin het uitvoeren van een oriënterend bodemonderzoek, het melden van overdracht en het aanvragen van een bodemattest in de praktijk verloopt, kon niet duidelijk teruggevonden worden in de handleidingen en documenten die bij de verkennende literatuurstudie werden geraadpleegd. Een derde en laatste onduidelijkheid bestaat erin dat het niet duidelijk is welke actoren een rol spelen in het classificeren en overdragen van gronden.

Omwille van de aangehaalde onduidelijkheden is het nodig dat hieromtrent bijkomende informatie verzameld wordt. Het verzamelen van deze informatie zal gebeuren door persoonlijk contact op te nemen met die instanties of personen die over de nodige, relevante kennis beschikken. Vooral de OVAM en de Vlaamse Overheid vormen hierbij een belangrijke bron van informatie. Het is immers de Vlaamse Overheid die de geconsolideerde versie van het Decreet van 27 oktober 2006 betreffende de bodemsanering en bodembescherming heeft uitgevaardigd (Vlaamse overheid 2011). Op zijn beurt is het de taak van de OVAM om toe te zien op de naleving van dit bodemdecreet. Indien ook deze bronnen niet genoeg relevante informatie verstrekken, kan beroep gedaan worden op notarissen. Aangezien zij bij hun beroepsuitoefening te maken krijgen met het kopen en verkopen van landbouwgronden en op die manier praktijkervaring opdoen, kan verwacht worden dat zij een belangrijke bron van informatie zijn. De inlichtingen die verzameld werden om de onduidelijkheden weg te werken, worden samen met de informatie die reeds verzameld werd in de verkennende literatuurstudie, weergegeven in hoofdstuk 4.

1.3.1.2 Deelvraag 2

Om te kunnen onderzoeken of een cadmiumverontreiniging een prijsdaling van landbouwgrond met zich meebrengt, zou de dataset zowel prijzen van verontreinigde landbouwgronden als prijzen van minder- of niet-verontreinigde landbouwgronden moeten bevatten. Omdat er daarnaast prijsgegevens nodig zijn op individueel niveau, voor elke landbouwgrond apart, is het belangrijk dat dit soort gegevens ook daadwerkelijk verzameld wordt. Hiertoe zal beroep gedaan worden op die instanties en personen waarvan verwacht wordt dat ze deze gegevens kunnen verstrekken. Aangezien de benodigde gegevens nogal confidentieel zijn, is het noodzakelijk dat er afspraken met deze instanties en personen worden gemaakt omtrent de manier waarop er zal omgesprongen worden met de gegevens. Het spreekt voor zich dat de data op zulke manier gebruikt worden dat er geen gegevens van individuele landbouwers kenbaar worden gemaakt.

Om de vergelijking tussen verontreinigde en niet-verontreinigde landbouwgronden op prijsgebied te kunnen maken, dienen maatstaven van verontreiniging bepaald te worden. Welke maatstaven best gebruikt worden om de verontreiniging voor te stellen, zal grotendeels moeten blijken uit een

toegespitste literatuurstudie. Een voor de hand liggende maatstaf is de concentratie aan cadmium die zich in een bepaalde landbouwgrond bevindt. Deze maatstaf dient nauwgezet bepaald en/of voorspeld te worden. Deze voorspellingen dienen voor voldoende landbouwgronden uitgevoerd te worden opdat er voldoende variatie bestaat op gebied van cadmiumconcentratie in het gekozen onderzoeksgebied. Variatie in observaties is nodig omdat dit toelaat van in huidig onderzoek na te gaan of de prijs van landbouwgrond invloed ondervindt van de mate van verontreiniging. Welke andere maatstaven er zijn en hoe er met deze maatstaven omgesprongen dient te worden, zal moeten blijken uit de literatuurstudie.

De doelstelling van huidig onderzoek is een uitspraak doen over de grootte van de invloed die de cadmiumverontreiniging heeft op de prijs van landbouwgrond. De cadmiumverontreiniging moet met andere woorden op één of andere manier gewaardeerd worden. Hoe dit best gedaan wordt opdat er uiteindelijk betrouwbare conclusies getrokken kunnen worden, zal moeten blijken uit een toegespitste literatuurstudie. Er zal gezocht worden naar een methode die toelaat dat verschillende kenmerken van landbouwgrond gewaardeerd kunnen worden. Het is de bedoeling om deze methode uit te werken aan de hand van een soort regressieanalyse die uitgevoerd kan worden met behulp van een statistisch programma. In de regressieanalyse zal de prijs van landbouwgrond verklaard worden aan de hand van de verschillende variabelen die een invloed hebben op deze prijs. Het is dus zo dat niet enkel de cadmiumverontreiniging als verklarende variabele wordt opgenomen in de regressie. Er zijn immers nog tal van andere variabelen die een invloed uitoefenen op de prijs van landbouwgrond. Dit laat toe van niet enkel de invloed van de cadmiumverontreiniging, maar ook de invloed van andere variabelen op de prijs van landbouwgrond na te gaan. De mogelijke invloed van deze andere variabelen geeft vorm aan de derde deelvraag die hierboven geformuleerd werd. De interpretatie van de bekomen regressie gebeurt voor alle opgenomen variabelen op ongeveer dezelfde manier. Om ervoor te zorgen dat de regressie betrouwbare resultaten oplevert, zal er een bijkomende literatuurstudie uitgevoerd worden om die voorwaarden te achterhalen waaraan voldaan moet worden opdat een regressieanalyse kan en mag uitgevoerd worden. Indien aan die voorwaarden voldaan wordt, kan er uit de resultaten van de statistische analyse besloten worden of de aanwezigheid van cadmium in de bodem wel degelijk een significante invloed heeft op prijzen van landbouwgrond.

1.3.1.3 Deelvraag 3

De onderzoeksopzet die hoort bij deelvraag 3, komt eigenlijk grotendeels overeen met de onderzoeksopzet die hierboven bij deelvraag 2 werd beschreven. Vooral voor de manier waarop de invloed van de verschillende variabelen gewaardeerd kan worden met behulp van een regressieanalyse en een bijhorend statistisch programma, is dat het geval. De te schatten regressie bevat de invloed van elk van de opgenomen variabelen. Aan de hand van die regressie kan dus zowel de invloed van de cadmiumverontreiniging als de invloed van elk van de bijkomende variabelen nagegaan worden. Aan de hand van een toegespitste literatuurstudie moet nagegaan worden welke bijkomende variabelen wel degelijk van toepassing zijn in het onderzoeksgebied dat

onderwerp is van huidige masterproef. Op die manier kan er verzekerd worden dat de verklarende variabelen die opgenomen zullen worden in de uit te voeren regressieanalyse, relevant zijn in de context van huidig onderzoek. Er moet wel rekening gehouden worden met het feit dat een dergelijke literatuurstudie enkel mogelijk is indien er ook ooit daadwerkelijk relevante onderzoeken uitgevoerd werden in het onderzoeksgebied. Er kan verwacht worden dat, indien er al dergelijke onderzoeken teruggevonden worden, dit aantal niet groot zal zijn. Bij bepaalde variabelen waarvan verwacht wordt dat ze een rol spelen in het prijsvormingsproces, maar waarvoor geen onderzoeken werden teruggevonden die uitgevoerd werden in het onderzoeksgebied, is het dan ook mogelijk dat de aangehaalde bronnen van toepassing zijn op andere onderzoeksgebieden.

Zoals reeds vermeld werd, komt de onderzoeksopzet op gebied van statistische analyse overeen met de onderzoeksopzet die hierboven besproken werd bij deelvraag 2. Ook op gebied van dataverzameling en dataverwerking vertonen de onderzoeksopzetten van deelvragen 2 en 3 gelijkenissen. Zoals een bepaalde cadmiumconcentratie bij deelvraag 2 gelinkt moet worden aan elk van de individuele landbouwgronden, zo moeten er ook gegevens voor elk van de bijkomende variabelen waarvan sprake is bij huidige deelvraag, verzameld worden voor elk van de individuele landbouwgronden. Er zal getracht worden om zoveel mogelijk gegevens direct te verkrijgen van die instanties of personen die ook de individuele verkoopprijzen kunnen verstrekken. Gegevens die niet op die manier verkregen kunnen worden, dienen op een andere manier bepaald of voorspeld te worden voor elke landbouwgrond. Hoewel er getracht zal worden van zoveel gegevens voor elke landbouwgrond te verzamelen, moet er rekening mee gehouden worden dat dit misschien niet voor elke variabele mogelijk zal zijn. Over de maatstaven waarmee bepaalde variabelen voorgesteld kunnen worden en opgenomen kunnen worden in de regressie zal een beslissing genomen moeten worden op basis van een bijkomende literatuurstudie. Deze literatuurstudie kan eveneens gebruikt worden om de gepaste eenheid voor elk van de variabelen te bepalen.

Vooraleer in hoofdstuk 4 te beginnen met het verder uitwerken van de deelvragen, wordt in hoofdstukken 2 en 3 een soort van inleiding gegeven die nodig is om te kunnen begrijpen in welke context huidig onderzoek zich afspeelt. In hoofdstuk 2 wordt het onderzoeksgebied uitgebreid besproken. Ook wordt in dit hoofdstuk relevante informatie weergegeven over de cadmiumverontreiniging die zich in de bodem bevindt. Aangezien huidig onderzoek een bijdrage kan leveren aan de implementatie van fyto-remediatie als zuiverende techniek, werd ervoor gekozen om de techniek op zich kort te bespreken. Deze bespreking wordt in hoofdstuk 3 weergegeven. Hoofdstuk 4 zal vervolgens handelen over de voorwaarden waaraan voldaan moet worden en de procedures die doorlopen dienen te worden bij het verkopen van risico- en niet-risicogrond. In dit hoofdstuk wordt met andere woorden een antwoord gegeven op de eerste deelvraag. In hoofdstuk 5 wordt uitvoerig de waarderingsmethode besproken die gebruikt zal worden om na te gaan welke invloed verschillende variabelen hebben op de prijs van landbouwgrond. De variabelen waarvan deze invloed nagegaan wordt, worden op hun beurt besproken in hoofdstuk 6. In hoofdstuk 7 wordt een bespreking van de daadwerkelijke analyse

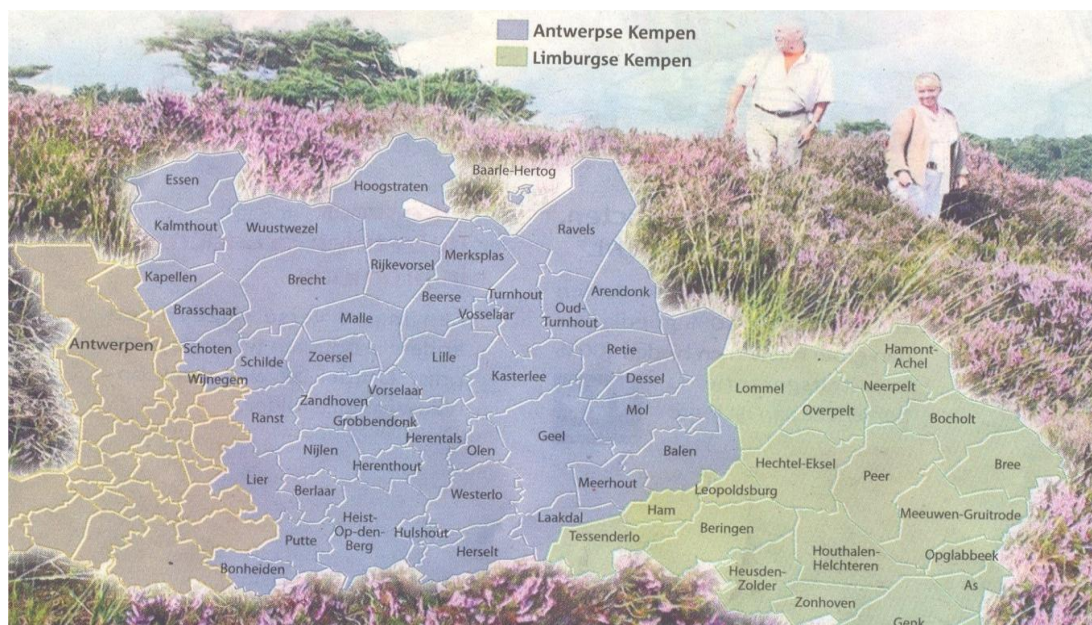
weergegeven. Het is ook in dit hoofdstuk dat de resultaten besproken worden, op basis waarvan er gefundeerde conclusies getrokken kunnen worden. In hoofdstuk 7 worden met andere woorden deelvragen 2 en 3 beantwoord. In hoofdstuk 8 worden er tenslotte suggesties voor verder onderzoek geformuleerd.

Hoofdstuk 2: Zware metalen in de Vlaamse NoorderKempen

2.1 Situering van de Vlaamse Kempen

Zoals af te leiden valt uit de centrale onderzoeksvraag, wordt het onderzoek toegespitst op de historische cadmiumverontreiniging die terug te vinden is in de bodem van landbouwgronden, gelegen in de Vlaamse NoorderKempen. De Vlaamse NoorderKempen maakt deel uit van een gebied dat 'de Kempen' wordt genoemd en dat gesitueerd is in België en Nederland. De totale oppervlakte van dit gebied bedraagt ongeveer 4.000 km² (Wins 2008). Volgens cijfers van de Federale Overheidsdienst Economie (2010), bevinden er zich in de Vlaamse Kempen 4.790 landbouwbedrijven. Hiervan zijn er 3.145 in Antwerpen en 1.524 in Limburg gelegen. Het kenmerk bij uitstek van de Kempen zijn de zanderige bodems waarop hier en daar grote bos- en heidegebieden voorkomen. Op vlak van industrie wordt de Kempen gekenmerkt door de aanwezigheid van verontreinigende industrie waaronder veel metaalverwerkende bedrijven. De aanwezigheid van deze industrie valt te verklaren door de aanwezigheid van de IJzeren Rijn, de spoorlijn tussen Antwerpen en Mönchengladbach. Metaalverwerkende fabrieken vestigden zich in België in Balen, Lommel, Overpelt en Rotem. In Nederland bevond er zich een fabriek in Budel-Dorplein (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2008); (Milieurapport Vlaanderen 2006).

De Vlaamse Kempen zijn gelegen in de provincies Vlaams-Brabant, Antwerpen en Limburg. De twee deelgebieden die in huidig onderzoek relevant zijn, zijn de Limburgse en de Antwerpse Kempen. Deze twee deelgebieden worden op onderstaande figuur weergegeven. Waarom enkel deze twee deelgebieden relevant zijn in huidig onderzoek, wordt in paragraaf 2.2 uitgelegd.



Figuur 1: Kaart Limburgse en Antwerpse Kempen. Bron: http://www.bskempen.be/info_site.htm.

Welke gewassen het meest geteeld worden in de Vlaamse Kempen, kan teruggevonden worden in onderstaande tabel. Deze tabel geeft een overzicht van de geteelde gewassen in de Vlaamse Kempen voor het jaar 2010. Voedermaïs blijkt het meest geteelde gewas te zijn, gevolgd door tijdelijke en permanente weiden. De aard van de bodem, in de Vlaamse Kempen vooral zure zandgrond, verklaart het grote aandeel van grasland. Op gebied van landbouwproductie bevinden er zich in de Vlaamse Kempen vooral melkveehouderijen en varkensbedrijven. Hier en daar kan een gespecialiseerde groenteteler teruggevonden worden.

Tabel 1: Geteelde gewassen in de Vlaamse Kempen (2010). Bron: FOD Economie.

Gewas	Geteelde oppervlakte (ha)
Voedermaïs	33.738
Tijdelijke weiden	24.149
Permanente weiden	16.422
Korrelmaïs	12.627
Aardappelen	4.179
Tarwe	1.618
Triticale	1.181
Gerst	801
Suikerbieten	578
Koolzaad	42

2.2 Situering van het onderzoeksgebied

Huidig onderzoek wordt toegespitst op de gemeentes Balen, Hamont-Achel, Hechtel-Eksel, Lommel, Mol, Neerpelt en Overpelt. Deze zeven gemeentes maken met andere woorden deel uit van het onderzoeksgebied en het is ook op die manier dat er hoofdzakelijk naar de verschillende gemeentes verwezen wordt. De reden waarom juist deze zeven gemeentes werden gekozen, is het feit dat in zes van deze gemeentes (met uitzondering van Hechtel-Eksel) een hoge concentratie aan zware metalen terug te vinden is. Deze zes gemeentes vormen dan ook het meer verontreinigde deel van het onderzoeksgebied. Het feit dat de bodem in deze zes gemeentes verontreinigd is, valt te verklaren door de aanwezigheid van de voorheen verontreinigende fabrieken in Balen, Lommel, Overpelt en Budel-Dorplein. In paragraaf 2.3 wordt aan de hand van cijferkundige en cartografische voorstellingen, de aanwezigheid van verontreiniging in het verontreinigde onderzoeksgebied aangetoond.

Op het eerste zicht lijkt het misschien vreemd dat ook Hechtel-Eksel aan het onderzoeksgebied werd toegevoegd. In deze gemeente is de bodem immers minder verontreinigd dan in de gemeentes die deel uitmaken van het meer verontreinigde onderzoeksgebied. De reden waarom

deze gemeente toch gekozen werd om deel uit te maken van het onderzoeksgebied is dat er daardoor zeker voldoende landbouwgronden geïdentificeerd kunnen worden met een lagere graad van verontreiniging. Dit is belangrijk omdat de prijzen van juist die minder verontreinigde landbouwgronden vergeleken dienen te worden met prijzen van verontreinigde landbouwgronden. Zo kan er verzekerd worden dat een vergelijking tussen verontreinigde en minder of niet-verontreinigde landbouwgronden mogelijk is.

Het onderzoeksgebied beslaat een totale oppervlakte van 494 km². In dit gebied wonen meer dan 147.000 inwoners en bevinden zich 9.182 percelen landbouwgrond die gebruikt worden voor professionele landbouw (Schreurs, Voets et al. 2011). Aangezien het onderzoeksgebied bestaat uit de gemeentes Balen, Hamont-Achel, Hechtel-Eksel, Lommel, Mol, Neerpelt en Overpelt, worden in tabel 2 een aantal cijferkundige gegevens weergegeven over de gemiddelde grootte van landbouwpercelen, over het aantal landbouwbedrijven en over de totale oppervlakte aan cultuurgrond¹ in de zeven gemeentes. Dit is nuttige informatie met het oog op huidig onderzoek omdat het een idee geeft over de gemiddelde grootte van landbouwpercelen die verhandeld worden en over de grootte van de markt waarop er handel wordt gedreven in landbouwgrond. De cijfers over de gemiddelde groottes van landbouwpercelen zijn afkomstig van het Departement Landbouw en Visserij (Departement Landbouw en Visserij 2008). Deze gegevens hebben betrekking op het jaar 2007. Het aantal landbouwbedrijven wordt ieder jaar nagegaan met behulp van een zogenaamde landbouwtelling. De gebruikte landbouwtelling is die van 2010, omdat hierin gegevens per gemeente beschikbaar zijn (FOD Economie 2010). Ook in verband met de totale oppervlakte aan cultuurgrond per gemeente worden er statistieken bijgehouden (Vlaamse Overheid BedrijfsInformatie Platform 2010). De weergegeven totale oppervlaktes hebben betrekking op het jaar 2010.

Tabel 2: Cijferkundige gegevens m.b.t. het onderzoeksgebied.

Gemeente	Gemiddelde grootte van landbouwpercelen (ha)	Aantal landbouwbedrijven	Totale oppervlakte aan cultuurgrond (ha)
Balen	20-25	59	1.316
Hamont-Achel	15-20	80	1.636
Hechtel-Eksel	5-10	31	514
Lommel	20-25	34	1.077
Mol	>25	43	2.161
Neerpelt	15-20	84	1.639
Overpelt	>25	28	875

¹ Cultuurgrond: grond die gebruikt wordt voor akkerbouw of veeteelt.

2.3 Bespreking verontreiniging

De verontreiniging die terug te vinden is in het onderzoeksgebied, bevat voornamelijk cadmium en zink als verontreinigende stoffen. Het zijn dan ook deze twee stoffen die in huidige paragraaf verder worden besproken.

Cadmium is een wit en zacht materiaal dat behoort tot de groep van de zware metalen. Het is een natuurlijk element dat aanwezig is in zowel aarde, water als lucht. Op natuurlijke wijze ontstaat het door het verweren van rotsen, door erosie van grond en door het voorkomen van bosbranden en vulkaanuitbarstingen. De stof kan echter ook op niet-natuurlijke wijze in het milieu terechtkomen. Voorbeelden hiervan zijn het gebruik van fosfaatmeststoffen en het verspreiden van waterzuiveringsslib op akkers. Hierdoor worden aanzienlijke hoeveelheden cadmium verspreid op landbouwgronden. In het gebied dat onderwerp is van huidig onderzoek, kwam cadmium vooral in de bodem terecht doordat het een nevenproduct was van de zinkproductie die in het onderzoeksgebied gelegen is. Bij de productie van zink pasten de fabrieken die in Balen, Lommel, Overpelt, Rotem en Budel-Dorplein gelegen waren, thermische raffinage toe om zink uit zinkertsen te winnen. Bij dat werkingsproces wordt de erts tot op een hoge temperatuur verhit zodat het zink zich van het zinkerts scheidt. Precies bij dit proces komt cadmium vrij. Een ander proces waarbij er kleine hoeveelheden cadmium geproduceerd worden, is de productie van non-ferro metalen zoals lood en koper (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2008); (Milieuraapport Vlaanderen 2010).

Zink is een blauw/wit overgangsmetaal en komt net zoals cadmium van nature voor in de lucht, het water en de bodem. Zink is geochemisch sterk gerelateerd aan cadmium, maar is minder mobiel in zure milieus zoals de zure landbouwgronden in de Kempen waarvan de pH-waarde tussen de 4 en 5,5 ligt en de organische bodemfractie minder dan 4% bedraagt (Koopmans, Römken et al. 2008). Zinkconcentraties stijgen onnatuurlijk vanwege menselijke activiteiten. Het is zelfs zo dat de meeste zink gevormd wordt tijdens industriële activiteiten zoals mijnbouw, kool- en afvalverbranding en staalbewerking. In het huidige onderzoeksgebied is zink grotendeels in de bodem terecht gekomen omdat het een direct nevenproduct was van het productieproces van zink dat zonet besproken werd (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2008); (Lenntech z.d.).

Vanuit de zinkproducerende fabrieken zijn er twee kanalen waarlangs de verontreinigende stoffen in het milieu terecht kunnen komen. Een eerste kanaal is via de reststoffen van het productieproces. In het geval van zinkproductie worden deze reststoffen ook wel zinkassen genoemd. Naast zink bevatten deze assen ook cadmium. Omdat zink toxisch is voor planten, werden de zinkassen oorspronkelijk gebruikt als verdelgingsmiddel tegen onkruid. Ook opritten en landwegen werden er mee verhard. Er werd echter vergeten dat de zinkassen ook cadmium bevatten en dat deze stof een negatief effect heeft op het milieu. Onbewust werd zo de cadmiumverontreiniging verspreid in de omtrek van de fabrieken. Tegenwoordig bevatten de restproducten van zinkproducerende industrieën geen zink of cadmium meer en worden de

zinkassen zo veel mogelijk verwijderd uit verontreinigde grond. Een tweede kanaal waarlangs verontreinigende stoffen in het milieu terecht kunnen komen, is door de schoorstenen van de zinkfabrieken. Dit noemt men atmosferische depositie. De rook die uitgestoten wordt, bevat kleine deeltjes cadmium en zink. Deze atmosferische depositie heeft een reikwijdte van ongeveer 5 kilometer en zijn invloed hangt af van de windrichting. Omdat de wind in de Vlaamse Kempen voor 80% uit het Westen komt, verspreid de verontreiniging zich door atmosferische depositie voornamelijk in noordoostelijke en oostelijke richting. De windrichting afhankelijke verspreiding van cadmium wordt duidelijk op figuur 5 pagina 18. Op deze figuur valt immers te zien dat de met cadmium verontreinigde gebieden zich uitstrekken in noordoostelijke richting van de nog bestaande zinkfabrieken.²

Van de twee besproken stoffen heeft enkel cadmium schadelijke gevolgen voor de gezondheid van mens en dier. Bovendien is cadmium het enige metaal dat de bodemsaneringnorm voor landbouwgronden van 2 mg kg⁻¹ bodem overschrijdt (zie tabel 4 pagina 22). Daarom is het ook deze stof die vooral het probleem vormt in de Kempen en waarmee er in het verdere verloop van het onderzoek gewerkt zal worden. Als er over bodemverontreiniging gesproken wordt, heeft dit dan ook betrekking op de aanwezigheid van cadmium in de bodem.

2.3.1 Verdere verloop

Zoals reeds in vorige paragrafen vermeld werd, is de aanwezigheid van zware metalen in de bodems van Balen, Hamont-Achel, Lommel, Mol, Neerpelt, Overpelt en in beperkte mate Hechtel-Eksel, vooral te wijten aan het feit dat er in die gemeentes of in de nabijheid van die gemeentes zinkfabrieken gelegen zijn of waren die vroeger verontreinigende stoffen uitstootten. De fabriek die gelegen was in Lommel werd begin jaren '70 gesloten, maar de zinkfabrieken van Nyrstar, voorheen Umicore, in Balen en Overpelt bestaan nog steeds. Ook de fabriek gelegen in Budel-Dorplein is nog steeds actief. De zinkfabrieken die bleven bestaan, zagen zich door de toenemende verontreiniging en de gevolgen van deze verontreiniging echter verplicht om over te schakelen op meer milieuvriendelijke productieprocessen waarin de productie van ongewenste nevenstoffen zoals zware metalen tot een minimum herleid wordt. Het is daarom dat deze fabrieken rond 1973 zijn overgeschakeld op elektrolyse. Daarmee eindigde de verspreiding van zware metalen via lucht, oppervlaktewater en zinkassen. Dit wil echter niet zeggen dat het probleem was opgelost. De tot 1973 opgebouwde verontreiniging zorgde er uiteindelijk immers voor dat honderden vierkante kilometers woon- en landbouwgebied en tientallen waardevolle natuurgebieden verontreinigd raakten met zware metalen waaronder voornamelijk cadmium en zink (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2008). Dit heeft ervoor gezorgd dat de groenteverwerkende sector tot op de dag van vandaag niet langer geïnteresseerd is in groenten die geteeld worden in een verontreinigde gemeente. Een voorbeeld van een groenteverwerkend bedrijf in deze problematiek

² De informatie in deze alinea werd verkregen door persoonlijk contact met de OVAM.

is Scana Noliko NV. In persoonlijk overleg met de OVAM waarin de problematiek van de cadmiumverontreiniging in de Kempen werd besproken, werd dit bedrijf als voorbeeld aangehaald. Scana Noliko zou ervan afzien om nog groenten aan te kopen in de verontreinigde gemeentes. Hoewel er samengewerkt kon worden met de betrokken gemeentes en er samen een oplossing voor het probleem gezocht kon worden, wenste Scana Noliko toch niet mee te werken. Van hun kant is dit eigenlijk goed te begrijpen. In Oost- en West-Vlaanderen bevinden er zich immers genoeg landbouwers die groenten kunnen leveren waar geen enkel risico in verband met verontreiniging aan verbonden is. Het is dus duidelijk dat de verontreinigingen nog steeds hun effect hebben en dus verwijderd dienen te worden uit de bodem.

In het verdere verloop van deze masterproef zal de meeste aandacht gegeven worden aan historische bodemverontreiniging aangezien de verontreiniging, veroorzaakt door de zinkfabrieken, tot stand kwam voor 29 oktober 1995.

2.3.2 Graad van verontreiniging

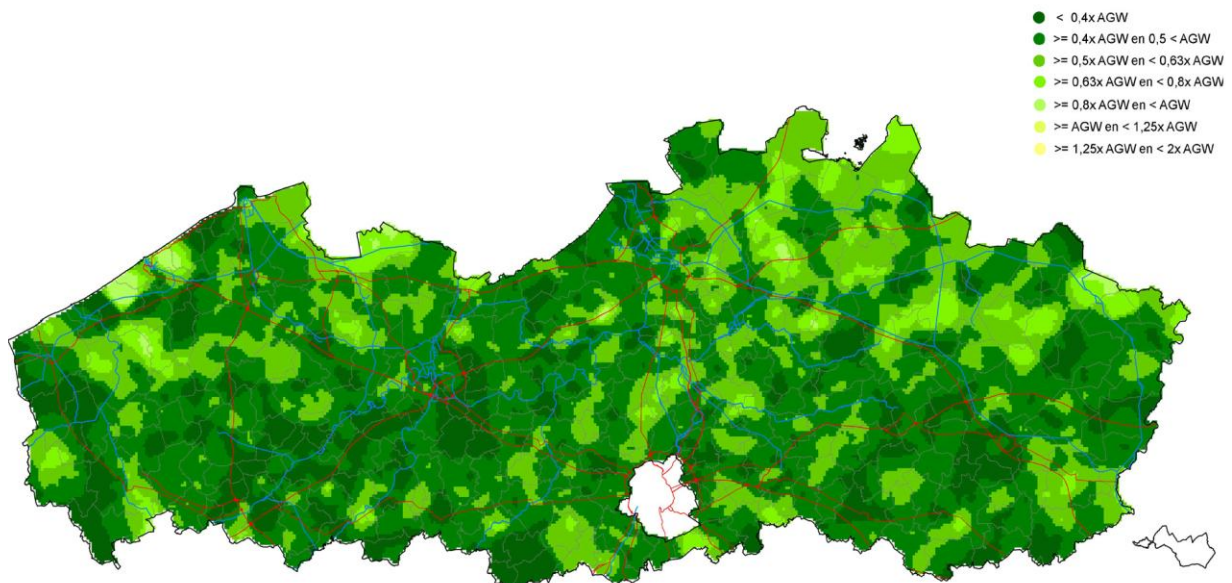
Volgens een rapport, opgemaakt door de OVAM, kan ongeveer 700 km² (=70.000 hectaren) van de Belgische en Nederlandse Kempen ondergebracht worden in de categorie van de diffuus verontreinigde gronden (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2008); (Milieुरapport Vlaanderen 2006). Dit is volgens het rapport vooral te wijten aan atmosferische depositie van stof. Volgens cijfers die weergegeven worden in een document omtrent het cadmiumplan, wordt de accumulatie van cadmium in Vlaamse landbouwgrond echter grotendeels veroorzaakt door het gebruik van dierlijk mest (51%) en door het gebruik van kunstmest (28%). Atmosferische depositie neemt volgens deze bron een aandeel van 11% voor zijn rekening (Peeters 2006). In Vlaanderen bedroeg de oppervlakte van het totale gekende gebied dat in 2006 met zware metalen verontreinigd was om en bij de 290,40 km² (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2008); (Vlaamse Milieu Maatschappij 2006). In 2010 bedroeg dit gekende gebied nog 49,23 km². Dit komt overeen met een aantal van 3.463 gronden waar sanering nodig is (Vlaamse Milieu Maatschappij 2010). Volgens een recent onderzoek zijn er in het onderzoeksgebied 2.041 hectaren landbouwgrond verontreinigd met een cadmiumconcentratie van minstens 1,2 mg kg⁻¹ bodem (Schreurs, Voets et al. 2011).

De plaatsafhankelijkheid van de concentratie aan cadmium in de bodem wordt weergegeven met behulp van figuren 2 en 3. Deze figuren geven respectievelijk de achtergrondconcentraties en meetwaarden van cadmium in de Vlaamse bodem weer. Met de achtergrondconcentratie wordt meestal het gehalte van een bodemverontreinigende stof bedoeld dat in vergelijking met de achtergrondwaarde van een bepaalde stof aanwezig is. Met de achtergrondwaarde wordt die concentratie bedoeld die van nature in de bodem aanwezig is. Deze waarde wordt in Vlaanderen door het bodemdecreet vastgelegd. Volgens het besluit van de Vlaamse regering houdende vaststelling van het Vlaams reglement betreffende de bodemsanering en de bodembescherming bedraagt de achtergrondwaarde voor cadmium in Vlaanderen 0,7 mg kg⁻¹ droge stof. Deze waarde

geldt voor een standaardbodem (Vlaamse Regering 2010). De achtergrondwaarden van cadmium en andere stoffen staan weergegeven in tabel 3. Tegenwoordig worden achtergrondwaarden ook wel streefwaarden genoemd. In de context van het zuiveren van verontreinigde gronden is deze streefwaarde van minder belang omdat de waarde werd vooropgesteld met de bedoeling om zuivere gronden van verontreiniging te vrijwaren.

Tabel 3: Streefwaarden voor de bodemkwaliteit. Bron: (Vlaamse Regering 2010).

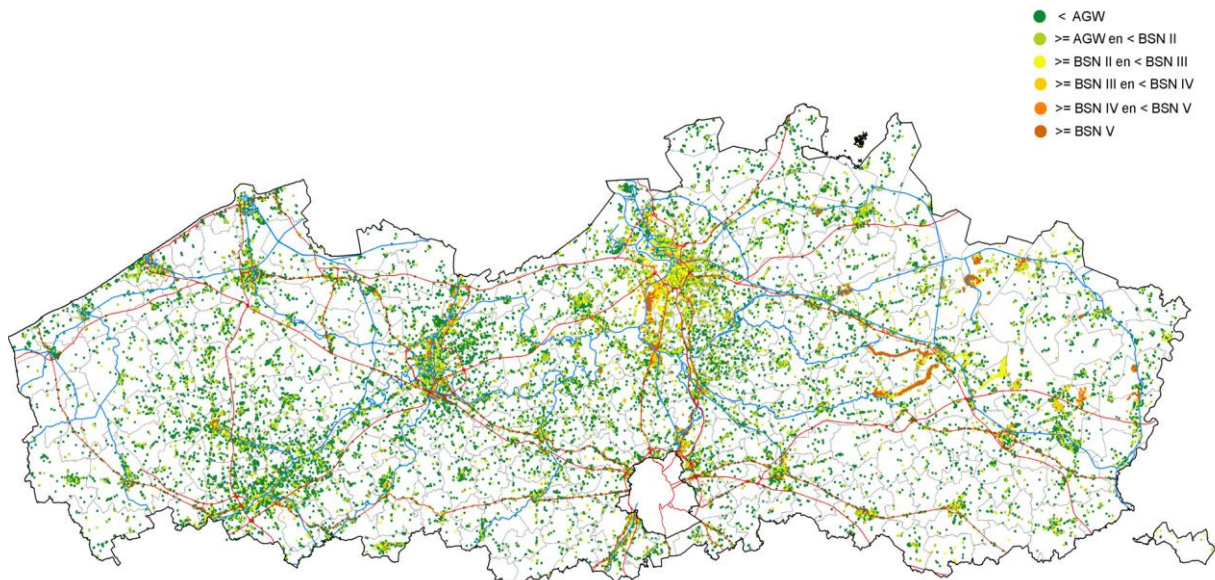
	Vaste deel van de aarde (mg/kg droge stof)	Grondwater (µg/l)
ZWARE METALEN EN METALLOÏDEN (1)		
Arseen	16	5
Cadmium	0,7	1
Chroom (III)	62	10
Koper	20	20
Kwik	0,1	0,05
Lood	31	5
Nikkel	16	10
Zink	77	60



Cadmium achtergrondconcentraties in bodem
datum 1-1-2006



Figuur 2: Achtergrondconcentraties cadmium in de Vlaamse bodem. Bron: OVAM (2006).



Cadmium hoogste meetwaarden in bodem
datum 1-1-2006



Figuur 3: Hoogste meetwaarden cadmium in de Vlaamse bodem. Bron: OVAM (2006).

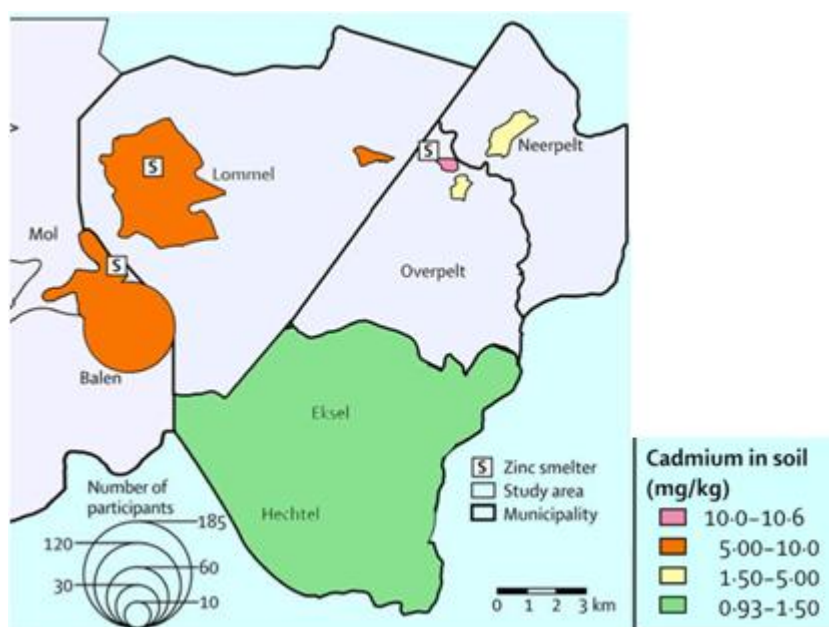
Op figuur 2 valt te zien dat de achtergrondconcentratie aan cadmium een sterke variatie vertoont in geheel Vlaanderen. Dit wordt ook aangehaald in het Actieplan cadmium, dat opgesteld werd door Kris Peeters (Peeters 2006). In dit document wordt daarnaast gewezen op het feit dat er zorgvuldig omgesprongen dient te worden met de interpretatie. Wanneer er rekening wordt gehouden met het bodemgebruik, blijkt dat gronden waar de aanwezigheid van cadmium in de bodem een ernstige bedreiging vormt, gelegen zijn op enkele specifieke locaties in Vlaanderen. Deze locaties zijn gebieden waar er vroeger zinkfabrieken of andere verontreinigende instellingen hebben gestaan. Figuur 2 kan de indruk wekken dat hoge achtergrondconcentraties niet perfect overeenkomen met de hoogste meetwaarden die op figuur 3 weergegeven worden. Dit kan verklaard worden door het feit dat de hoogste meetwaarden worden weggelaten bij de berekening van de achtergrondconcentraties. Dit om een beïnvloeding van de gegevens te voorkomen.

Op figuur 3 worden de hoogste meetwaarden weergegeven. In Noordwest Limburg en Oost Antwerpen werden er hier en daar hogere waarden gemeten. De meeste aandacht op deze figuur moet besteed worden aan de punten die gelegen zijn in de categorieën hoger dan BSN II. Dit is immers de norm die geldt voor landbouwgronden. Meer uitleg over geldende normen wordt gegeven vanaf pagina 21. De plaatsen waar hogere meetwaarden voorkomen, komen ruimtelijk ongeveer overeen met de zes gemeentes die werden aangeduid als verontreinigde gemeentes in het onderzoeksgebied. Het gaat dan om Balen, Hamont-Achel, Lommel, Mol, Neerpelt en Overpelt. Vooral in Balen, Lommel en Overpelt worden er nogal hoge concentraties aan cadmium gemeten.

De cadmiumconcentratie in de bodem varieert van 5 tot 10 mg kg⁻¹ bodem in de directe omgeving van de zinkfabrieken die gelegen zijn in Balen, Lommel en Overpelt. Op een afstand van dertig

kilometer bedraagt deze concentratie nog minder dan $0,7 \text{ mg kg}^{-1}$ bodem (de achtergrondwaarde). Hoewel een cadmiumconcentratie tussen de 1 en 5 mg kg^{-1} bodem niet schadelijk en/of toxisch is, kan deze toch zorgen voor milieuproblemen (Koopmans, Römken et al. 2008).

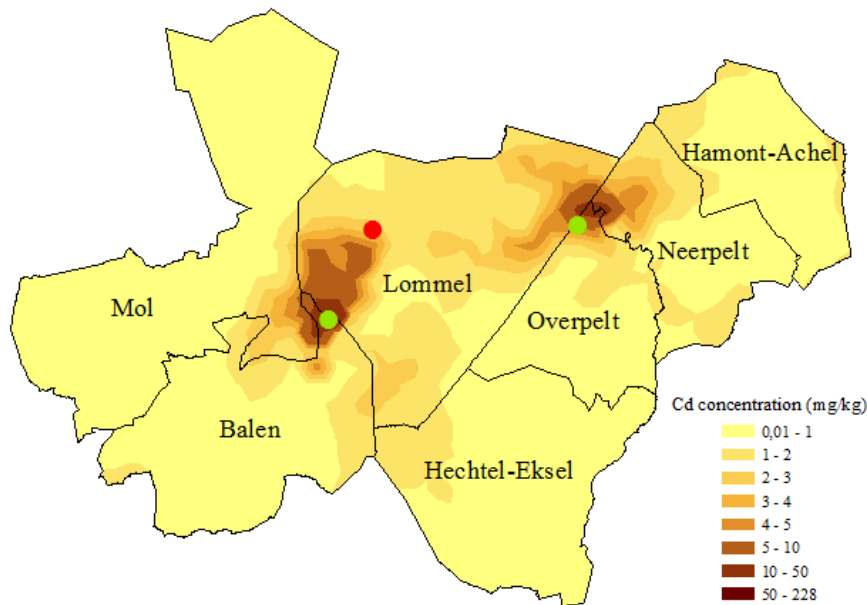
De waarden uit laatstgenoemd onderzoek worden bevestigd door de cijfers die worden weergegeven door de medisch milieukundigen in het kader van de tweede fase van het Pheecad onderzoek (Staessen, Kuznetsova et al. 2000). De bodemconcentraties aan cadmium, gemeten tijdens het Pheecad onderzoek, worden weergegeven in figuur 4. De kaart die in deze figuur wordt weergegeven, toont aan dat de cadmiumconcentratie in de bodem van Balen, Lommel, Mol en Overpelt (5 tot 10 mg kg^{-1} bodem) op het einde van de jaren '90 vier keer zo hoog was als die in Hechtel-Eksel ($0,93$ tot $1,50 \text{ mg kg}^{-1}$ bodem). Enkel rond de zinkfabriek in Overpelt werden er waarden gemeten die hoger zijn dan 10 mg kg^{-1} bodem.



Figuur 4: Bodemconcentratie cadmium in het onderzoeksgebied. Bron: Medisch Milieukundigen.

Recentelijk werd er door Universiteit Hasselt een model ontwikkeld waarmee bodemconcentraties in de Kempen voorspeld kunnen worden. Dit model wordt ondersteund door ArcGIS. Figuur 5 stelt een kaart voor waarop bodemconcentraties aan cadmium worden weergegeven voor de zeven gemeentes die deel uitmaken van het onderzoeksgebied. De nog actieve zinkfabrieken in Balen en Overpelt worden weergegeven door middel van een groen bolletje. De zinkfabriek in Lommel die reeds gesloten werd, wordt weergegeven met een rood bolletje. Zoals te verwachten viel, worden er vooral in het verontreinigde onderzoeksgebied hoge concentraties cadmium teruggevonden in de bodem. In Balen, Lommel, Mol, Neerpelt en Overpelt worden concentraties cadmium van 10 tot 50 mg kg^{-1} bodem gevonden rond de zinkfabrieken die in Balen, Lommel en Overpelt gelegen zijn. Deze waarden liggen hoger dan de waarden die werden teruggevonden in de daarnet besproken onderzoeken (Koopmans, Römken et al. 2008); (Staessen, Kuznetsova et al. 2000). Het is

natuurlijk de vraag hoe hoog de gevonden waarden juist zijn. Wanneer zij dicht tegen de 10 mg kg^{-1} bodem aanliggen, zal het verschil met de eerder vermelde onderzoeken eerder klein zijn. Verder van de fabrieken verwijderd, daalt de concentratie cadmium in de bodem tot onder de 1 mg kg^{-1} bodem. Dit resultaat is vergelijkbaar met dat van de daarnet besproken onderzoeken. In Hechtel-Eksel worden er in de bodem zoals verwacht geen hoge concentraties cadmium aangetroffen. Dit is ook de bedoeling aangezien deze gemeente werd toegevoegd om over genoeg landbouwgronden te beschikken waarvan de bodem (bijna) niet met cadmium verontreinigd is.



Figuur 5: Bodemconcentratie cadmium in het onderzoeksgebied. Bron: UHasselt (2011).

Doordat de zandgrond in de Vlaamse Kempen relatief zuur is, laat de grond toe dat er nogal wat verontreinigende metalen zich doorheen de bodem naar het grondwater verplaatsen. Dit heeft ervoor gezorgd dat er verhoogde concentraties cadmium werden gemeten in grondwater en oppervlaktewater van de Vlaamse Kempen (Degryse and Smolders 2006). Op vier velden in de Vlaamse Kempen werden in de jaren '90 cadmiumconcentraties gemeten van $45 \mu\text{g liter}^{-1}$, terwijl de bodemsaneringnorm voor cadmium $5 \mu\text{g liter}^{-1}$ bedraagt (Wilkens 1995); (Vlaamse overheid 2010). Zware metalen zoals cadmium zullen waarschijnlijk nog lange tijd in het grondwater aanwezig zijn doordat er in de bodem nog hoge concentraties aan zware metalen aanwezig zijn. In huidig onderzoek gaat de aandacht naar de aanwezigheid van cadmium in de vaste bodem.

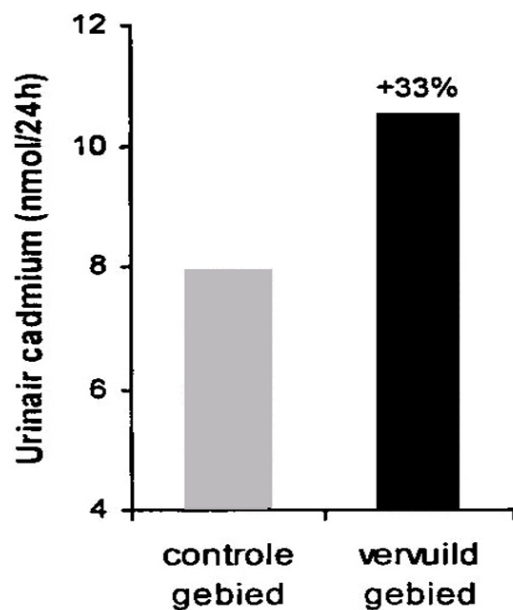
2.3.3 Gevolgen voor de mens

Er werd reeds aangehaald dat de aanwezigheid van cadmiumverontreiniging een negatief effect heeft op de gezondheid van mens en dier. De schadelijke effecten van cadmium zijn veel ernstiger dan die van zink. Omwille van het feit dat cadmium door een plant goed opgenomen kan worden vanuit de bodem, is het een bestanddeel van vele voedingsmiddelen die mensen consumeren. Dit zorgt ervoor dat voeding de primaire bron is van blootstelling aan cadmium, naast bronnen zoals

bijvoorbeeld sigarettenrook. Cadmium wordt in het lichaam gebonden aan de zogenaamde metallothioneïnes³ en begeeft zich in deze vorm in verschillende weefsels en organen. De grootste hoeveelheid cadmium (ongeveer 50%) in het menselijk lichaam bevindt zich in de nieren. Aangezien er geen mechanisme in het menselijk lichaam aanwezig is dat cadmium afbreekt, hoopt de stof zich op. Het duurt ongeveer 25 tot 35 jaar vooraleer de concentratie aan cadmium in een menselijk lichaam tot de helft is gedaald (Jomova and Valko 2011). De hoeveelheid cadmium die zonder nefaste gezondheidseffecten opgenomen kan worden, bedraagt volgens de WHO $7 \mu\text{g week}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ lichaamsgewicht. Toch wordt door bepaalde studies aangetoond dat reeds een dosis, lager dan deze waarde, nefaste gezondheidseffecten kan hebben (Satarug, Garrett et al. 2011); (Mead 2010). In deze uitgevoerde studies wordt aangetoond dat blootstelling aan cadmium ervoor kan zorgen dat de nieren aangetast worden. Ook kan deze blootstelling zorgen voor een verhoogd risico op kanker. Andere gevolgen die door de betreffende auteurs worden aangehaald zijn een verhoogde kans op botfracturen, een verlaagde botdichtheid, een hogere bloeddruk, slagaderaandoeningen, een verhoogde kans op hartinfarcten, een verminderde longfunctie, parodontale aandoeningen en een verhoogde kans op diabetes. Ook blijken personen met diabetes gevoeliger te zijn voor de gevolgen van cadmium. Acute effecten van cadmium zijn diarree en braken. De auteurs concluderen dat elk orgaan of elk weefsel aangetast kan worden door de aanwezigheid van cadmium. Omdat er zich al schadelijke gevolgen voordoen bij een concentratie lager dan $7 \mu\text{g week}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ lichaamsgewicht, dient deze concentratie aan cadmium die door de WHO als veilig wordt aanschouwd, volgens de auteurs aangepast te worden.

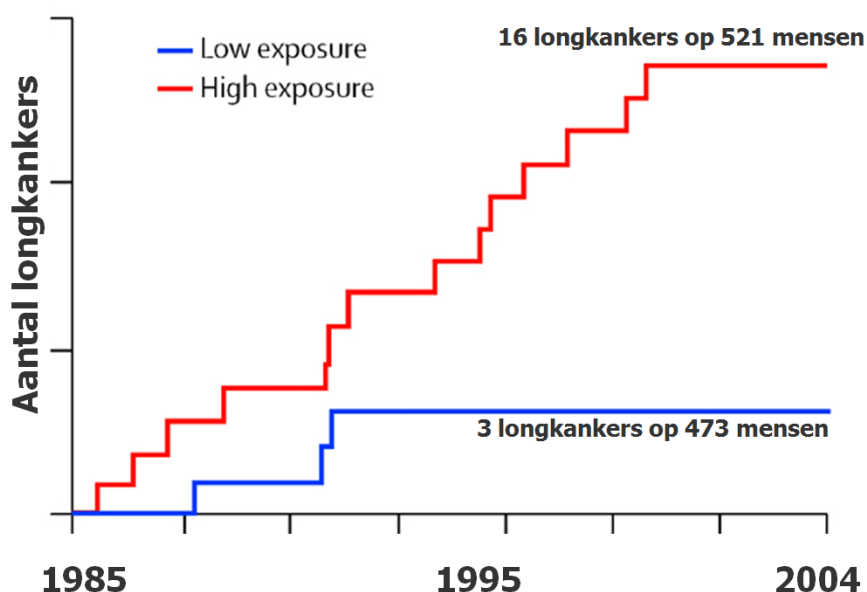
Ook in het onderzoeksgebied zijn er in het verleden verschillende studies uitgevoerd op gebied van de gevolgen van een cadmiumverontreiniging voor de gezondheid van de mens. Sinds de jaren '80 wordt de gezondheid van een groep mensen uit de Kempen nauwgezet opgevolgd door wetenschappers onder leiding van professor Jan Staesen (KULeuven). De gezondheidsstudies die uitgevoerd werden, worden ook wel de Cadmibel (Cadmium in Belgium) en Pheecad (Public Health and Environmental Exposure to Cadmium) onderzoeken genoemd. De Cadmibel studies vonden plaats van 1985 tot 1989, terwijl de Pheecad studies plaatsvonden van 1991 tot 2004. De resultaten van de Cadmibel studies toonden aan dat het gehalte aan cadmium dat in de urine teruggevonden werd van mensen die in het verontreinigde gebied woonden, ongeveer 33% hoger was dan het gehalte dat teruggevonden werd bij mensen die woonachtig waren in Hechtel-Eksel (het controlegebied). Het gevolg hiervan is volgens de auteurs een verhoogde kans op nierfalen en botfracturen (Staessen, Amery et al. 1991); (Lauwerys, Amery et al. 1990). De bevindingen worden grafisch weergegeven op figuur 6.

³ Metallothioneïnes zijn proteïnen met een hoge affiniteit voor zware metalen zoals zink, koper en cadmium.



Figuur 6: Urinair cadmium. Bron: Medisch Milieukundigen.

Het Pheecad onderzoek had de bedoeling om te achterhalen of milieublootstelling aan cadmium geassocieerd kan worden met een verhoogd risico op longkanker. Om dit te achterhalen, werd de gezondheid van eenzelfde groep mensen langdurig opgevolgd. Cijfers die werden weergegeven in het kader van de tweede fase van het Pheecad onderzoek toonden aan, zoals hierboven reeds vermeld werd, dat de cadmiumconcentratie in de bodem van Balen, Lommel, Mol en Overpelt vier keer zo hoog was dan die in Hechtel-Eksel (zie figuur 4 pagina 17). Op basis van deze kaart toonden de Pheecad studies aan dat de kans op longkanker veel groter is bij mensen die te maken hebben met een hoge blootstelling aan cadmium. Het ging hierbij om mensen die in de buurt van de voormalige Umicore vestigingen woonden. De Pheecad studie toonde aan, redelijk verrassend en in tegenstelling tot vele internationale studies, dat blootstelling aan cadmium niet gerelateerd is met een verhoogde bloeddruk of hypertensie. Daarenboven kan de daling van de concentratie aan cadmium in zowel bloed als urine volgens de onderzoekers verklaard worden door het feit dat industriële processen verbeterd werden en door het feit dat mensen steeds zorgvuldiger omspringen met de aanwezige verontreiniging. Wel kwam de studie tot het besluit dat deze daling minder groot is bij mensen die in de buurt van de verontreinigende instellingen wonen. Het blijft dus wel degelijk nodig om de aanwezige verontreiniging te verwijderen en om de bevolking ondertussen zo goed als mogelijk tegen deze verontreiniging te beschermen (Staessen, Kuznetsova et al. 2000). Op onderstaande figuur worden de bevindingen van de Pheecad studie grafisch weergegeven.



Figuur 7: Kans op longkanker t.g.v. cadmium. Bron: Medisch Milieukundigen.

De vastgestelde gezondheidseffecten leidden tot een nieuwe golf van ongerustheid bij omwonenden. Daarom besloten toenmalig minister van leefmilieu Kris Peeters en toenmalig minister van volksgezondheid Inge Vervotte een Actieplan Cadmium op te stellen. Er waren immers extra acties vanuit het beleid nodig. Een onderzoek dat hieruit voortvloeide was het blootstellingonderzoek NoorderKempfen (BONK) (Vlaamse overheid 2008). De nadruk van dit onderzoek lag op het eenmalig bepalen van de blootstelling aan zware metalen bij inwoners van Balen, Lommel, Mol, Overpelt en Neerpelt. Het onderzoek, dat startte in 2006 en uitgevoerd werd bij ongeveer 1500 personen, toonde aan dat mensen die in de omgeving van de fabrieken wonen nog steeds meer in contact komen met cadmium dan mensen uit de controlegroep. De lichaamsbelasting daalt volgens het onderzoek echter tot beneden geldende richtwaarden waaronder geen gezondheidsrisico's verwacht worden (Schauwvlieghe 2009). Hoewel de studie aantoonde dat cadmium geen gezondheidsrisico's met zich meebracht, bleef de twijfel hieromtrent bij de bevolking toch bestaan.

2.3.4 Normen

Hoewel de resultaten van voorvermelde onderzoeken niet altijd wezen op gezondheidsrisico's voor de mens vanwege de aanwezigheid van cadmiumverontreiniging, kan toch aangenomen worden dat de aanwezigheid van zware metalen negatieve gevolgen heeft. Daarom werden er door de Vlaamse regering bodemsaneringnormen vastgesteld. Als de bodemsaneringnorm op een bepaalde plaats overschreden wordt, wilt dit zeggen dat het niveau van bodemverontreiniging een risico inhoudt voor de gezondheid van mens of milieu. Bij het vaststellen van een overschrijding wordt rekening gehouden met de kenmerken van de bodem en de functies die de bodem vervult (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2009). Bodemsaneringnormen voor cadmium worden weergegeven in onderstaande tabel (Vlaamse overheid 2010).

Tabel 4: Bodemsaneringnormen. Bron: (Vlaamse Regering 2010).

	Vaste deel van de aarde (mg/kg droge stof)					Grond- water (µg/l)
Bestemmingstype	I	II	III	IV	V	I,II,III,IV V,
ZWARE METALEN EN METALLOÏDEN (1)						
Arseen	58	58	103	267	267	20
Cadmium	2	2	6	9,5	30	5
Chroom (III) (2)	130	130	240	560	880	50
Koper	120	120	197	500	500	100
Kwik	2,9	2,9	4,8	4,8	11	1
Lood	200	200	560	735	1250	20
Nikkel	93	93	95	530	530	40
Zink	333	333	333	1000	1250	500

In het geval van landbouwgrond dient er in bovenstaande tabel gekeken te worden naar bestemmingstype II onder het hoofdding 'Vaste deel van de aarde'. Dit omdat bestemmingstype II de categorie is waartoe agrarische gronden behoren. Uit de tabel valt af te leiden dat de bodemsaneringnorm voor cadmium 2 mg kg^{-1} droge stof bedraagt. Deze norm wordt in bovenstaande tabel aangeduid met een rode cirkel. Wanneer deze bodemsaneringnorm overschreden wordt of overschreden dreigt te worden, moet er een beschrijvend bodemonderzoek uitgevoerd worden. Indien dit beschrijvend bodemonderzoek aantoont dat de bodemsaneringnorm wel degelijk overschreden is, moet de saneringsplichtige overgaan tot sanering van de betreffende grond. Meer uitleg over bodemonderzoeken en de procedure in verband met overdracht en sanering van verontreinigde gronden wordt gegeven in hoofdstuk 4.

Er dient voorzichtig omgegaan te worden met de interpretatie van bovenstaande uitleg. Soms kan er namelijk nogal eens verwarring ontstaan over het feit dat verontreinigde gronden niet altijd gesaneerd moeten worden. Dit komt door het feit dat de naamgeving van verontreinigde grond op een aparte manier gebeurt. Een landbouwgrond krijgt reeds de benaming van 'verontreinigde grond' wanneer de concentratie aan verontreiniging die er gevonden wordt, meer dan 80% bedraagt van de bodemsaneringnorm die geldt voor het betreffende zware metaal. Een landbouwgrond wordt dus op gebied van cadmium als verontreinigd gecatalogeerd indien de concentratie cadmium die op het perceel wordt teruggevonden, meer dan $1,6 \text{ mg kg}^{-1}$ droge stof bedraagt. Zolang de cadmiumconcentratie echter onder de 2 mg kg^{-1} droge stof blijft, hoeft er niet te worden overgegaan tot een sanering. Wanneer de concentratie aan cadmium tot onder een waarde van 2 mg kg^{-1} droge stof wordt gebracht, wordt de betreffende grond uit het register van verontreinigde gronden geschrapt (Milieuraapport Vlaanderen 2006).

Naast bodemsaneringnormen en streefwaarden (besproken op pagina 14), bestaan er ook zogenaamde richtwaarden. In het bodemsaneringdecreet van 1995 was een bodemsanering gericht op het verminderen van de concentratie aan verontreinigende stoffen tot de streefwaarde van de betreffende verontreinigende stof bereikt werd. Dit bleek in realiteit echter niet haalbaar. Het is daarom dat er in nieuwere bodemdecreten sprake is van richtwaarden voor de bodemkwaliteit (Vlaamse overheid 2010); (Vlaamse overheid 2011).

Tegenwoordig is de doelstelling bij een nieuwe bodemverontreiniging in eerste instantie het verwezenlijken van een concentratie aan verontreinigende stoffen, lager dan de richtwaarden. Wanneer de concentratie aan verontreinigende stoffen tot onder deze richtwaarden daalt, laat het gehalte aan verontreinigende stoffen in de bodem toe dat de bodem al zijn functies kan vervullen zonder enige beperking.

Bij een historische bodemverontreiniging, waar het in huidig onderzoek om draait, is het vooral de bedoeling om de concentratie aan verontreinigende stoffen zover te doen dalen dat er geen risico meer bestaat voor mens en milieu (Vlaamse overheid 2011). Overigens wordt er aan elk van de historisch verontreinigde gronden een prioriteit gegeven door de Vlaamse overheid. Dit doet men omdat de financiële middelen beperkt zijn en omdat men die gronden die het meest verontreinigd zijn, eerst wil zuiveren. Het beoordelingskader dat gebruikt wordt om een oplossing of techniek te zoeken die toelaat dat het risico vermindert, noemt het BATNEEC-principe. Dit principe houdt in dat men naar de beste techniek gaat zoeken om de bodemverontreiniging aan te pakken. Bij het zoeken naar de beste techniek wordt er rekening gehouden met kosten van verschillende technieken om zo uiteindelijk tot de beste techniek met de beste prijs te komen. Bij de techniek wordt geen rekening gehouden met de financiële draagkracht van de saneringsplichtige (Pearce and Brisson 1993).

Richtwaarden voor zware metalen worden weergegeven in tabel 5 (Vlaamse overheid 2010). De richtwaarde voor cadmium bedraagt $1,2 \text{ mg kg}^{-1}$ droge stof. Wanneer de gevonden concentraties aan cadmium onder deze richtwaarde liggen, verliest de betreffende landbouwgrond zijn multifunctioneel karakter niet en dienen er geen beperkingen opgelegd te worden in verband met mogelijke teelten.

Tabel 5: Richtwaarden voor de bodemkwaliteit. Bron: (Vlaamse Regering 2010).

	Vaste deel van de aarde (mg/kg droge stof)	Grondwater (µg/l)
ZWARE METALEN EN METALLOÏDEN (1)		
Arseen	35	12
Cadmium	1,2	3
Chroom (2)	91	30
Koper	72	60
Kwik	1,7	0,6
Lood	120	12
Nikkel	56	24
Zink	200	300

Naast algemene bodemnormen, bestaan er ook normen voor de maximumconcentraties aan cadmium die teruggevonden mogen worden in gewassen. Zo mogen granen (met uitzondering van zemelen, kiemen, tarwe en rijst), voedermaïs, stengelgroenten, wortelgroenten en aardappelen maximum 0,10 mg cadmium kg⁻¹ vers gewicht bevatten. Voor zemelen, kiemen, tarwe, rijst, sojabonen, bladgroenten, verse kruiden en knolselderij bedraagt deze maximum concentratie aan cadmium 0,20 mg kg⁻¹ vers gewicht. Voor groenten en fruit bedraagt deze maximum concentratie tenslotte 0,050 mg kg⁻¹ vers gewicht. Let wel op het feit dat voorvermelde concentraties uitgedrukt zijn in mg kg⁻¹ vers gewicht in plaats van in mg kg⁻¹ droge stof, zoals het geval was bij bovenvermelde bodemsaneringnormen (Commissie van de Europese gemeenschappen 2006).

Naast voedermaïs worden er in de Belgische Kempen jaarlijks grote gebieden beplant met gras en korrelmaïs (zie tabel 1 pagina 10). Daarom is het van belang dat ook voor deze gewassen de maximum concentraties weergegeven worden. De maximum toegelaten concentratie aan cadmium voor gras en korrelmaïs bedraagt 1 mg kg⁻¹ dierenvoeder, waarbij het dierenvoeder een vochtgehalte van ongeveer 12% bevat (Commissie van de Europese gemeenschappen 2010).

Bij de interpretatie van bovenstaande normen kan er nog een bijkomende moeilijkheid opduiken. Er is immers een verschil in interpretatie van Europese wetgeving tussen België en Nederland. In België verwacht men dat de gewassen voldoen aan de geldende normen wanneer de gewassen zich nog op het veld bevinden en vooraleer ze dus naar de fabriek gaan. In Nederland wordt dit anders geïnterpreteerd, doordat daar enkel het eindproduct gecontroleerd en vergeleken dient te worden met geldende normen (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2008).

2.3.5 Oplossingen

De omvang en het grensoverschrijdende karakter van de verontreiniging met zware metalen in de Kempen zorgen ervoor dat een oplossing niet voor de hand ligt. Omdat het verontreinigde gebied

verspreid ligt over de Belgische en Nederlandse Kempen, werd er in 2002 gezamenlijk beslist om de BeNeKempen op te richten. De bedoeling van dit project is om krachten te bundelen en zo gezamenlijk beheer- en saneringsprojecten uit te werken. Door de samenwerking tussen België en Nederland ontstaat er een soort van discussieforum. Dit is een zeer grote verdienste aangezien actoren van beide kanten van de grens intensief samenwerken en kennis uitdelen. Op die manier kunnen de projectpartners veel van elkaar leren (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2008).

In Vlaanderen focust het project BeNeKempen vooral op het verwijderen van verontreiniging en zinkassen uit verontreinigde bedrijfsterreinen en op het bestrijden van de nefaste effecten in de omgeving van de betreffende bedrijven. De methode waarop men momenteel in Vlaanderen zinkassen verwijdert, is grotendeels gebaseerd op het Nederlandse systeem. Het initiatief in Vlaanderen maakt deel uit van het Actieplan Cadmium dat reeds ter sprake kwam en is gericht op het verwijderen van de blootliggende zinkassen. Hierbij streeft men naar een verwijdering van visueel aanwezige zinkassen. Dit doet men door de bodem af te graven. In de omgeving van de verontreinigde fabrieksterreinen staat Umicore in voor het verwijderen van zinkassen. Buiten het kerngebied, maar nog in de directe omgeving van de fabrieken, is OVAM verantwoordelijk voor het verwijderen van zinkassen en kan het beroep doen op Umicore voor het verkrijgen van financiële steun. De verwijderde zinkassen worden verzameld in een speciaal daarvoor uitgeruste inrichting op de terreinen van Nyrstar in Lommel (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2008).

De werkgroep landbouw gaat na hoe landbouwers in de Kempen met de aanwezigheid van zware metalen kunnen omgaan. Er worden adviezen gegeven aan tuin-, akkerbouw- en veeteeltbedrijven. Ook onderzoekt deze werkgroep of het telen van energiegewassen in het verontreinigde gebied een haalbare kaart is. De werkgroep gaat verder na bij welke combinatie van zuurheid van grond en bodemconcentratie aan cadmium er een overschrijding van de gewasnorm optreedt. Op die manier kunnen zij landbouwgronden analyseren en de betreffende landbouwers informeren over de hoeveelheid kalk die gestrooid dient te worden vooraleer er een bepaald gewas geteeld mag worden. Wanneer er kalk gestrooid wordt, wordt de bodem immers minder zuur waardoor het gewas dat op de bodem geteeld wordt minder cadmium of andere verontreinigende stoffen opneemt. Voor schorseneren, wortel, selder, knolselder, prei en spinazie is de kans echter reëel dat de gewasnorm voor cadmium niet gehaald wordt, zelfs wanneer de landbouwers hun perceel bekalken om de pH te doen stijgen. Cijfers over de te strooien hoeveelheid kalk bij verschillende bodemconcentraties aan cadmium, zijn voor verschillende gewassen terug te vinden in publicaties van het projectbureau ABdK (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2008); (Projectbureau Actief Bodembeheer de Kempen 2008). Recentelijk werd er door de medisch milieukundigen van de Kempense en Limburgse Logo's een cadmiumwebtool voor persoonlijk teeltadvies ontwikkeld (Medisch Milieukundigen van de Kempense en Limburgse Logo's (z.d.)). Het doel hiervan is inwoners uit de omgeving van Balen, Hamont-Achel, Lommel, Mol, Neerpelt en Overpelt te informeren over de schadelijke effecten van cadmium en hen tegelijkertijd een aantal

preventiemaatregelen bij te brengen. Voor mensen die in deze regio wonen, bestaan er gezondheidskundige adviezen voor het veilig telen van groenten in eigen moestuin. Deze adviezen zijn afhankelijk van de verontreinigingsgraad van de bodem.

Hoewel klassieke saneringstechnieken, zoals het afgraven van verontreinigde grond, reeds worden toegepast in bepaalde verontreinigde delen van het onderzoeksgebied, is het vaak economisch en praktisch gezien niet haalbaar om alle verontreinigde gebieden op deze manier te saneren (Boschmans 2010). In dat opzicht kan fyto-remediatie een oplossing bieden. Het zuiveren van de bodem door middel van fyto-remediatie is immers goedkoper en economisch meer haalbaar dan een afgraving van verontreinigde gronden (Chaney, Malik et al. 1997); (Salt, Blaylock et al. 1995). Een uitgebreide bespreking van de fyto-remediatietechniek, met bijhorende voor- en nadelen, wordt in het volgende hoofdstuk weergegeven.

Hoofdstuk 3: Fytoremediatie op landbouwgrond in de Vlaamse Kempen

Volgend op de hypothese dat er zich een daling in de prijs van landbouwgrond voordoet wanneer er verontreinigingen in de bodem van de landbouwgrond aanwezig zijn, zou fyto-remediatie terug een stijging in de prijs van landbouwgrond kunnen teweegbrengen. Het terug stijgen van de prijs kan gezien worden als een belangrijke toekomstige baat waardoor de fyto-remediatietechniek aantrekkelijker en rendabeler wordt vanuit het oogpunt van de landbouwer. Omdat fyto-remediatie in deze redenering een belangrijke rol speelt, zal er in dit hoofdstuk een bondige bespreking van fyto-remediatie worden gegeven. Het type fyto-remediatie dat in huidig hoofdstuk besproken wordt, is fyto-extractie. Vaak worden beide woorden als synoniemen gebruikt, terwijl ze dat eigenlijk niet zijn. Met fyto-remediatie wordt meer het algemene concept bedoeld, terwijl fyto-extractie een soort van fyto-remediatie is. Bij het toepassen van fyto-extractie worden er planten gebruikt met de bedoeling om ze met behulp van hun wortels de verontreiniging uit de bodem te laten opnemen. De verontreiniging wordt als het ware overgebracht van de bodem naar de biomassa van de plant (Padmavathiamma and Li 2007). Fyto-extractie is een techniek die zeer goed bruikbaar is om de verontreinigde gronden die gelegen zijn in het onderzoeksgebied te saneren. Dit komt door het feit dat er bij fyto-extractie voornamelijk hyperaccumulatoren gebruikt worden die in staat zijn om stoffen zoals cadmium en zink goed op te nemen. Cadmium en zink zijn immers zogenaamde 'goed biobeschikbare organische stoffen', die goed opgenomen kunnen worden door planten (The Interstate Technology & Regulatory Council Phytotechnologies Team 2009). Er moet echter wel rekening mee gehouden worden dat de bruikbaarheid van de techniek in Vlaamse context niet enkel afhangt van het grote opnamevermogen van bijvoorbeeld hyperaccumulatoren. Deze gewassen zijn bij Vlaamse landbouwers immers niet bekend, hetgeen tot gevolg kan hebben dat de Vlaamse landbouwer weigerachtig staat tegenover het telen van deze gewassen. Dit probleem wordt verderop nog besproken in paragraaf 3.3. Figuur 8 geeft een voorstelling van de fyto-extractietechniek weer.



Figuur 8: Fyto-extractie principe. Bron: (The Interstate Technology & Regulatory Council Phytotechnologies Team 2009).

3.1 Voordelen van fyto-extractie

Fyto-extractie heeft zowel voor- als nadelen. Voordelen van fyto-extractie zijn het feit dat de techniek geschikt is om grote verontreinigde gebieden te zuiveren. De techniek laat daarenboven toe dat dit zuiverend vermogen gecombineerd kan worden met de productie van biomassa (het telen van energiegewassen), waardoor het inkomstenverlies van de landbouwer door het wegvallen van voedselproductie gecompenseerd kan worden. Fyto-extractie levert een economisch voordeel op doordat conventionele methodes zoals afgravingen, verbrandingen, externe opslag, bodemuivering en het afschermen van verontreiniging meestal duurder zijn dan fyto-remediatie in het algemeen. De geschatte kost van het storten of verbranden van een ton verontreinigde grond bedraagt tussen de 200 en 1.500 dollar. Dit is veel hoger dan de geschatte kost van fyto-remediatie op hetzelfde gebied, die zich tussen de 20 en 80 dollar bevindt (Gerhardt, Huang et al. 2009); (Wins 2008). Nadat de betreffende grond klaargemaakt is voor fyto-remediatie en nadat de gewassen geplant zijn, zijn de onderhoudskosten overigens zeer laag. Aangezien brandstofprijzen in de toekomst verwacht worden te stijgen, zal de dispariteit enkel nog toenemen.

Andere voordelen van fyto-extractie zijn het feit dat de techniek ter plaatse (in situ) kan uitgevoerd worden en het feit dat organisch materiaal, nutriënten en zuurstof worden toegediend aan de bodem door het geteelde gewas. Dit verbetert zowel de kwaliteit als de structuur van de gezuiverde bodem. De gewassen die bij fyto-extractie worden geplant, zorgen er daarbij nog voor dat de grond bedekt wordt en hun wortelen zorgen voor een stabiele bodem die erosie door wind en water tegengaat.

Een laatste voordeel dat in de wetenschappelijke literatuur wordt aangehaald is het feit dat er een hoge publieke aanvaardbaarheid bestaat voor fyto-remediatie in het algemeen. Dit komt doordat mensen de techniek beschouwen als een groene techniek omdat deze de natuurlijke uitstraling van de omgeving niet beïnvloedt (Gerhardt, Huang et al. 2009); (Chaney, Malik et al. 1997); (Vangronsveld, Herzig et al. 2009).

3.2 Nadelen van fyto-extractie

Het spreekt voor zich dat fyto-extractie niet enkel voordelen heeft. Er zijn immers een aantal uitdagingen waarmee fyto-extractie nog af te rekenen heeft. Het belangrijkste nadeel van fyto-extractie is het feit dat het zeer lang duurt vooraleer een bodem gezuiverd is (Vangronsveld, Herzig et al. 2009). Plantgroei verloopt immers trager op verontreinigde gronden en de opnamecapaciteit van de betreffende gewassen is in dat geval ook niet al te hoog. Ook komen er in de realiteit bepaalde factoren voor die zich niet voordoen tijdens laboratoriumtesten. Zo doen er zich veranderingen in temperatuur, nutriënten en neerslag voor. Herbivoren, plantpathogenen en competitie van andere gewassen die beter aangepast zijn aan de betreffende grond, horen ook bij deze factoren.

Een volgend nadeel van fyto-remediatie in het algemeen doet zich voor wanneer de verontreiniging zich bevindt onder de bodemlaag die door de wortels van fyto-remediërende planten bereikt kan worden. De gemiddelde worteldiepte van kruidachtige planten bedraagt ongeveer 50 cm, terwijl de gemiddelde worteldiepte van bomen ongeveer drie meter bedraagt waardoor deze een zuivering tot op grotere bodemdiepte toelaten (Pilon-Smits 2005).

Een ander nadeel dat in de wetenschappelijke literatuur vermeld wordt, is het feit dat, wanneer fyto-extractie zijn eindstadium bereikt heeft, men de biomassa die verontreinigd is met bijvoorbeeld zware metalen op een bepaalde manier moet zien kwijt te geraken. De meest toegepaste oplossing hiervoor is het verbranden van de betreffende materialen om hieruit vervolgens energie te winnen.

Een nadeel dat meer met de verontreiniging zelf te maken heeft, is het feit dat verontreinigingen meestal ongelijk verdeeld zijn in verontreinigde gebieden. Dit maakt het moeilijk om op een statistische manier aan te tonen welk effect fyto-remediërende gewassen hebben op de grond waarop zij geplant worden. Dit nadeel zorgt er ook voor dat controlerende stalen die genomen worden om het resultaat te beoordelen, dikwijls niet betrouwbaar zijn omdat het om puntmetingen gaat. Een eenvoudige oplossing in de vorm van een staalneming op meerdere plaatsen is hier echter voorhanden.

De laatste nadelen die in de wetenschappelijke literatuur worden aangehaald, gaan over de variabiliteit in meststoffen die voor het aanplanten van fyto-remediërende gewassen worden aangebracht, over het verschil in bodemkwaliteit en structuur dat ervoor zorgt dat dezelfde gewassen op verschillende plaatsen een verschillend effect hebben en over het feit dat de

aanvaardbaarheid van deze gewassen vanuit het oogpunt van de overheid niet altijd vanzelfsprekend is omdat deze zelf niet gelooft in fyto-extractie als de beste manier om bodemverontreiniging te verwijderen. Deze nadelen zijn echter van minder belang in huidige onderzoek (Gerhardt, Huang et al. 2009); (The Interstate Technology & Regulatory Council Phytotechnologies Team 2009).

3.3 Fyto-extractie in het onderzoeksgebied

3.3.1 Voor- en nadelen

Omdat huidige onderzoek zich toespitst op een bepaald onderzoeksgebied, dienen bovenvermelde voor- en nadelen bekeken te worden vanuit deze invalshoek. Wat betreft de voordelen kan besloten worden dat deze allemaal van toepassing zijn in de Vlaamse Kempen. De nadelen daarentegen zijn niet allemaal van toepassing op dit onderzoeksgebied. Het grootste nadeel dat van toepassing blijft, is het feit dat het zeer lang kan duren vooraleer de concentratie aan verontreiniging tot onder geldende normen daalt. Hoelang dit juist duurt, wordt verderop besproken. Een oplossing voor de lange tijdsduur bestaat erin de landbouwers een inkomen te garanderen dat even hoog is dan het inkomen dat ze bij hun gewone bedrijfsuitoefening zouden verdienen. Als dit inkomen even hoog is, zal een getroffen landbouwer het waarschijnlijk minder erg vinden dat zijn grond gedurende lange tijd met fyto-remediatiegewassen beplant moet worden. De mogelijke prijsstijging van landbouwgrond nadat deze gezuiverd is, kan hierin een bijkomende stimulans vormen. Andere aangehaalde nadelen van de fyto-extractietechniek zijn echter niet relevant in het huidige onderzoeksgebied. Het nadeel van de worteldiepte is niet relevant omdat de verontreiniging met cadmium zich in de bovenste 40 cm van agrarische bodems bevindt (Hogervorst, Plusquin et al. 2007). Dit komt overeen met de maximale ploegdiepte die door landbouwers wordt aangehouden. Ook het nadeel dat het niveau van verontreiniging niet te hoog en ongelijk verdeeld mag zijn, is niet van toepassing op de Vlaamse Kempen. De cadmiumverontreiniging in de Vlaamse Kempen is immers een diffuse verontreiniging waarbij de concentratie aan cadmium niet al te hoog is (Koopmans, Römkens et al. 2008).

3.3.2 Mogelijke gewassen

Omdat er veel verschillende fyto-remediatiegewassen bestaan die elk hun typische eigenschappen hebben, moet er rekening gehouden worden met verschillende factoren wanneer er wordt nagegaan welk gewas in welk gebied het meest toepasbaar is. In het huidige onderzoeksgebied is het van belang dat de cadmiumverontreiniging zo snel mogelijk kan worden weggewerkt. Hierbij moet rekening gehouden worden met het feit dat een zuivering met behulp van fyto-remediatie sneller kan gebeuren wanneer de betreffende landbouwgrond verder verwijderd is van een (historische) verontreinigingsbron (Koopmans, Römkens et al. 2008). Het is immers zo dat de cadmiumconcentratie in die landbouwgrond meestal lager ligt dan in landbouwgronden die nabij de verontreinigingsbron gelegen zijn. Ook hebben landbouwers best een positieve houding tegenover het gekozen gewas en zijn ze er al mee bekend. Een andere belangrijke factor is het feit dat het gekozen gewas best een zo groot mogelijke biomassaopbrengst heeft. Een gewas met een kleine

opnamecapaciteit maar een grote biomassaopbrengst kan in totaal immers meer verontreiniging opnemen dan een plant met een grote opnamecapaciteit maar een kleine biomassaopbrengst.

Er bestaat nogal wat discussie in de wetenschappelijke literatuur omtrent het soort gewas dat best gebruikt kan worden bij de fyto-extractie techniek. Sommige auteurs geven aan dat hyperaccumulatoren beter geschikt zijn. Hyperaccumulatoren zijn gewassen die een hoge concentratie per kilo biomassa kunnen opnemen. Zo nemen zij meer dan 100 mg cadmium en 10.000 mg zink op per kilo droge stof. Hoewel hyperaccumulatoren zoals *Thlaspi Caerulescens* door sommige auteurs aangeduid worden als meest beloftevolle gewassen (Vangronsveld, Herzig et al. 2009), geven andere auteurs aan dat deze gewassen het nadeel hebben dat hun biomassaopbrengst klein is. Dit zorgt ervoor dat deze gewassen minder geschikt zijn om toe te passen in de context van het huidige onderzoeksgebied. Het gebrek aan biomassaopbrengst zorgt er immers voor dat de efficiëntie waarmee verontreinigende stoffen uit de bodem worden opgenomen, niet groot is (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2008). Ook ontbreekt het Vlaamse landbouwers aan kennis op gebied van ziekte- en onkruidbestrijding bij deze gewassen. Er wordt dan ook verwacht dat de motivatie bij de Vlaamse landbouwer om dergelijk gewassen aan te planten laag zal zijn.

Gewassen die wel in aanmerking komen en voldoen aan het merendeel van de factoren die hierboven vermeld worden, zijn wilg, energimaïs en koolzaad. Dit zijn zogenaamde accumulatoren. Het voordeel van deze gewassen is het feit dat hun absolute opname van verontreiniging groter is dan bij hyperaccumulatoren. Dit komt doordat hun biomassaopbrengst veel groter is. Ook kan deze extra biomassa gebruikt worden voor het produceren van hernieuwbare energie. Omdat huidig onderzoek zich afspeelt in de gemeentes Balen, Hamont-Achel, Hechtel-Eksel, Lommel, Mol, Neerpelt en Overpelt, wordt er bij de rapportering van cijfermateriaal vertrokken van een onderzoek dat uitgevoerd werd door projectgroep BeneKempen in samenwerking met het Centrum voor Milieukunde van Universiteit Hasselt, Universiteit Gent en het instituut voor natuur- en bosonderzoek. In dit onderzoek werd een perceel grond beplant met onder andere wilg, energimaïs en koolzaad. Het perceel is gelegen in Lommel op een voormalig veld waarop maïs geteeld werd en ligt ongeveer een halve kilometer verwijderd van de zinkfabriek in Balen. De bodem is er verontreinigd met 4,1 tot 7,4 mg cadmium kg^{-1} bodem en 210 tot 418 mg zink kg^{-1} bodem (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2008). Het onderzoek werd twee maal uitgevoerd. Het eerste onderzoek, waarin wilg werd aangeplant, liet de onderzoekers toe van na te gaan hoe gewassen reageren op bepaalde factoren zoals onder meer de variabiliteit van de concentratie aan verontreiniging en de bodemkenmerken. Rekening houdend met de reacties van de gewassen op deze factoren werd er een tweede onderzoek gevoerd dat ongewenste reacties trachtte te voorkomen. Zo werden de gewassen geplant op gronden met een gematigde tot kleine zuurheid om een maximale opbrengst aan biomassa te kunnen garanderen. Ook de prestatie van andere gewassen zoals energimaïs en koolzaad werd in dit tweede onderzoek nagegaan.

3.3.2.1 Wilg

Wilg bleek in bovenvermeld onderzoek het meest beloftevolle gewas te zijn. Het geoogste hout kan immers ook gebruikt worden in de papier en houtindustrie, naast zijn toepassing in het opwekken van energie. Belgisch Rood, een soort wilg, neemt 35 mg cadmium kg^{-1} droge stof op in zijn scheuten en 66,02 mg cadmium kg^{-1} droge stof in zijn bladeren wanneer het gewas geplant wordt op een bodem met een gematigde tot kleine zuurheid. Dit komt erop neer dat het, indien ook de bladeren van wilg verzameld kunnen worden, ongeveer 124 jaar duurt vooraleer de concentratie aan cadmium met 5 mg kg^{-1} bodem vermindert. Indien de bladeren niet verzameld kunnen worden, kan dit oplopen tot ongeveer 187 jaar. Een daling van 5 mg cadmium kg^{-1} bodem naar 2 mg cadmium kg^{-1} bodem in de bovenste 25 cm van de bodem zou in het beste geval ongeveer 67 jaar in beslag nemen. Deze lange tijdsduur laat zien dat het nodig is om de zuivering van verontreinigde gronden te combineren met het opwekken van energie uit de verontreinigde biomassa. Enkel in het geval dat de geproduceerde biomassa gevaloriseerd wordt, kan er immers een economisch voordeel gecreëerd worden voor de landbouwer (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2008); (Vangronsveld, Herzig et al. 2009). De economische waarde hangt verder deels af van de waarde van de producten die op de betreffende grond geteeld kunnen worden nadat de verontreinigde grond gezuiverd is (Lewandowski, Schmidt et al. 2006).

Hoewel er door bovenvermeld onderzoek wordt aangetoond dat het zuiveren van verontreinigde grond met behulp van wilg lang kan duren, toont recent onderzoek aan dat deze tijdsduur teruggedrongen kan worden wanneer enkel gekeken wordt naar de zeven gemeentes die deel uitmaken van het huidige onderzoeksgebied (Schreurs, Voets et al. 2011). De studie toont immers aan dat er van de 2.041 hectaren verontreinigde landbouwgrond ($>1,2 \text{ mg kg}^{-1}$ bodem) die in het onderzoeksgebied gelegen is, 1.783 hectaren of 87% gezuiverd kan worden op een termijn van 42 jaar. Dit wil zeggen dat het planten van wilg ervoor zorgt dat de cadmiumconcentratie over een termijn van 42 jaar daalt tot maximum $1,2 \text{ mg kg}^{-1}$ bodem. Wanneer er rekening gehouden wordt met een afname in opnamecapaciteit van 2% per jaar, kan er over een periode van 42 jaar nog in totaal 1.291 hectaren of 63% gezuiverd worden. Het verschil met het vorige besproken onderzoek dat enkel in Lommel werd uitgevoerd, zit hem in feit dat er in het recentere, tweede onderzoek niet gewerkt wordt met dalingen van 5 mg kg^{-1} bodem. Doordat er in het onderzoeksgebied immers vele landbouwgronden terug te vinden zijn waar de concentratie minder dan 5 mg kg^{-1} bodem moet dalen vooraleer de richtwaarde van $1,2 \text{ mg kg}^{-1}$ bodem bereikt wordt, kan de tijdsduur van fyto-remediatie teruggedrongen worden.

Hoewel wilg als zuiverend gewas wel degelijk over potentieel beschikt, wordt het gewas niet vermeld in de landbouwtelling die uitgevoerd werd in 2010. Naast de beplanting met wilg in het onderzoek dat in Lommel werd uitgevoerd en een onderzoek dat werd uitgevoerd in het Belgische Menen, is er geen weet van andere aanplantingen van wilg. Omdat Vlaamse landbouwers totaal geen ervaring hebben met dit gewas, is de aanvaardbaarheid ervan dan ook hoogst twijfelachtig.

Toch wordt wilg hier vermeld omdat het een gewas is dat op gebied van zuiverend vermogen over een groot potentieel beschikt.

3.3.2.2 Energiemaïs

De toepassing op energiegebied bij het telen van energiemaïs bestaat erin dat er met behulp van een fermentatieproces biogas uit energiemaïs gewonnen kan worden. Op gebied van zuiverend vermogen is maïs in staat om 3 mg cadmium kg^{-1} droge stof op te nemen. Met een biomassaopbrengst van 20 ton droge stof hectare⁻¹ duurt het ongeveer 188 jaar vooraleer de concentratie cadmium gedaald is van 5 mg kg^{-1} bodem naar 2 mg kg^{-1} bodem (Vangronsveld, Herzig et al. 2009). Aangezien de concentratie cadmium in de biomassa hoger is dan de limiet voor voedergewassen (1,1 mg cadmium kg^{-1} droge stof), mag de verkregen biomassa niet gebruikt worden als voedsel voor dieren. De perfecte oplossing hiervoor is de biomassa te gebruiken in industriële, niet-voeding gerelateerde toepassingen. In 2010 werd er door de landbouwtelling in de Kempen een totale oppervlakte van 46.365 hectaren (33.738 hectaren voedermaïs en 12.627 hectaren korrelmaïs) geregistreerd waarop maïs geteeld werd (FOD Economie 2010). Het was daarmee het meest geteelde gewas in de Vlaamse Kempen, waardoor aangenomen kan worden dat het gewas aanvaard wordt door de landbouwers.

3.3.2.3 Koolzaad

Een toepassing op het gebied van duurzame energie bestaat er bij koolzaad in de olie te verwerken tot zogenaamde pure plantaardige olie of biodiesel. Op gebied van zuiverend vermogen scoort koolzaad minder hoog dan maïs. Dit komt doordat maïs over de capaciteit beschikt om meer biomassa te produceren dan koolzaad (Thewys, Witters et al. 2010). Koolzaad is in vergelijking met maïs in staat om 3 mg cadmium kg^{-1} droge stof meer op te nemen. De geproduceerde biomassa ligt met 8 ton droge stof hectare⁻¹ echter lager dan de 20 ton hectare⁻¹ die maïs oplevert. Dit heeft als resultaat dat het bij het telen van koolzaad ongeveer 234 jaar duurt vooraleer de concentratie cadmium gedaald is van 5 mg kg^{-1} bodem naar 2 mg kg^{-1} bodem (Vangronsveld, Herzig et al. 2009). In de landbouwtelling van 2010 werd er in de Kempen een totale oppervlakte van 42 hectaren geregistreerd waarop koolzaad geteeld werd (FOD Economie 2010). Dit wijst erop dat de aanvaardbaarheid vanwege Vlaamse landbouwers voor koolzaad nog zeer twijfelachtig is.

Hoewel tot nog toe de prestaties van individuele energiegewassen werden besproken, is het ook mogelijk om verschillende energiegewassen in rotatie te planten. Deze rotatie is vooral noodzakelijk bij het aanplanten van koolzaad omdat dit gewas gevoelig is voor schimmels. Hier wordt door een afwisseling met andere gewassen aangeraden (Keller 2006). Voor energiemaïs is een dergelijke afwisseling niet echt noodzakelijk, maar wordt er toch aangeraden dit te doen. Wanneer een gewas gedurende lange tijd elk jaar opnieuw op dezelfde grond wordt geplant, leidt dit immers tot een lagere opbrengst op gebied van biomassa (Schreurs, Voets et al. 2011). Wanneer er gedurende 42 jaar een rotatie wordt uitgevoerd, waarbij het kweken van één jaar tabak wordt opgevolgd door twee jaren energiemaïs, kan 920 hectaren van de 2.041 hectaren verontreinigde landbouwgrond (45%) gezuiverd worden tot een maximumconcentratie van 1,2 mg

cadmium kg^{-1} bodem. Wanneer er rekening gehouden wordt met een afname in opnamecapaciteit van 2% per jaar, kan er over een periode van 42 jaar nog in totaal 623 hectaren of 31% gezuiverd worden. Natuurlijk is het mogelijk de gebieden die het minst zwaar verontreinigd zijn sneller te zuiveren. Zo is het mogelijk om 469 hectaren van het onderzoeksgebied, waar de concentratie cadmium maximaal $1,56 \text{ mg kg}^{-1}$ bodem bedraagt, te zuiveren in 21 jaar. Dit aan de hand van een rotatie met tabak en energiemais. Wanneer wilg geplant wordt gedurende 21 jaar, kan er nog eens 549 hectaren gezuiverd worden. Dit zijn verontreinigde gronden waar de concentratie cadmium tussen de $1,56$ en $2,04 \text{ mg kg}^{-1}$ bodem bedraagt. Zo kan op een termijn van 21 jaar 50% van de verontreinigde 2.041 hectaren landbouwgrond die in het onderzoeksgebied gelegen zijn, gezuiverd worden (Schreurs, Voets et al. 2011).

Indien er in de Kempen overgegaan zal worden tot het grootschalig toepassen van de fyto-extractie techniek, zal dat energiegewas gekozen moeten worden dat er zich in de Vlaamse context het best toe leent om aanvaardbaar en toepasbaar te zijn. Er dient met andere woorden een fyto-remediërend gewas, of een combinatie van fyto-remediërende gewassen, gekozen te worden waarmee er een efficiënte cadmiumverwijdering bekomen kan worden. Daarnaast zou dit gewas of deze combinatie van gewassen door een meerderheid van landbouwers aanvaard moeten worden. Om er immers zeker van te kunnen zijn dat fyto-extractie een oplossing kan bieden in het zuiveren van gronden, zouden zoveel mogelijk landbouwers moeten meewerken. De bereidheid tot medewerking van zoveel mogelijk landbouwers kan daarenboven een positieve druk zetten op de overheid om haar beleid met betrekking tot energiegewassen aan te passen. De toekomst van energiegewassen is vanuit remediërend perspectief echter nog twijfelachtig. Wil men de toekomst vanuit dit perspectief veilig stellen, zal er sowieso eerst gewerkt moeten worden aan de bedrijfseconomische aantrekkelijkheid van energiegewassen bekeken vanuit het oogpunt van de landbouwer.

Hoofdstuk 4: Actoren en procedures bij de overdracht van landbouwgrond

Een overdracht van landbouwgrond heeft niet enkel betrekking op het vaste deel van de aarde zelf. Ook het grondwater en andere bestandsdelen en organismen die zich in de bodem bevinden, maken immers deel uit van de overdracht. Een overdracht van landbouwgrond kan op verschillende manieren plaatsvinden. Zo kan er tot een overdracht worden overgegaan door het overdragen onder levenden van het eigendomsrecht op een bepaalde grond of door het overdragen van het recht van vruchtgebruik, erfpacht of recht van opstal. In dit hoofdstuk wordt uitgebreid de procedure besproken die een verkoper dient te doorlopen bij het overdragen van zijn landbouwgrond. Omdat het in huidig onderzoeksgebied voornamelijk gaat over historische bodemverontreiniging, zal in dit hoofdstuk het meeste belang gehecht worden aan de procedures die van toepassing zijn bij de overdracht van historisch verontreinigde gronden.

4.1 Literatuur ter zake

De regels waaraan zowel de koper als de verkoper zich moet houden en ook de regels en procedures die in het algemeen van toepassing zijn bij de overdracht van onroerende goederen, zijn terug te vinden in het bodemdecreet. Het thans geldende decreet is de geconsolideerde versie van het Decreet van 27 oktober 2006 betreffende de bodemsanering en de bodembescherming (Vlaamse overheid 2011). Het werd uitgevaardigd door de Vlaamse Overheid en EMIS. Het decreet en zijn uitvoeringsbesluiten hebben een grote impact op de overdracht van gronden. Wie een grond wil overdragen, moet immers voldoen aan de verplichtingen die opgelegd worden door het bodemdecreet. Ook de OVAM speelt hierin een grote rol. Deze organisatie heeft immers de taak om bij te dragen aan een betere bodemkwaliteit, door er op toe te zien dat het bodemdecreet nageleefd wordt. Instrumenten die worden toegepast door de OVAM zijn bodemonderzoeken, bodemsaneringen en risicobeheer. Met behulp van deze instrumenten tracht de organisatie mens en milieu te beschermen tegen de risico's van bodemverontreiniging. Ze neemt daarenboven een administratieve functie op zich door onder andere verslagen van bodemonderzoeken en bodemsaneringsprojecten te beoordelen en bodemattesten af te leveren. Vertrekkende van het bodemdecreet werd er door de OVAM een handleiding opgesteld die tot in detail de overdracht van gronden en alles wat er mee te maken heeft, beschrijft (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2009).

4.2 Begrippen

4.2.1 Risico- en niet-risicoground

Een eerste onderscheid dat zeer belangrijk is in de bespreking, is het onderscheid tussen een risicoground en niet-risicoground. Risicoground wordt gedefinieerd als "een grond waarop risicoactiviteiten aanwezig zijn of waren die opgenomen zijn in de lijst van hinderlijke inrichtingen" (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2009); (Vlaamse overheid 2009). Omdat er in de verontreinigde gebieden binnen het onderzoeksgebied niet overal hinderlijke inrichtingen aanwezig

zijn of waren, worden niet alle verontreinigde gebieden geclassificeerd als risicogrond. Dat een niet-risico landbouwgrond toch verontreinigd kan zijn, kan verklaard worden door het begrip onderstroming. Er is sprake van onderstroming wanneer de verontreiniging niet tot stand is gekomen op de onderzoekslocatie. Deze onderstroming zorgt ervoor dat de verontreiniging die ontstaat op de plaats van de hinderlijke inrichting, zich verspreidt naar andere (landbouw)gronden. Het feit dat niet alle verontreinigde gronden geclassificeerd staan als risicogronden kan vergaande gevolgen hebben op de overdracht van de betreffende gronden. Deze gevolgen worden verderop in paragraaf 4.4 uitvoeriger besproken.

4.2.2 Historische en niet-historische bodemverontreiniging

Het is belangrijk om een onderscheid te maken tussen historische en niet-historische bodemverontreiniging. Historische bodemverontreiniging is verontreiniging die tot stand kwam voor 29 oktober 1995. Het is dit soort van verontreiniging dat onderwerp is van huidig onderzoek. De verontreiniging door de zinkfabrieken ontstond immers lang voor 1995. De klassering als historische bodemverontreiniging heeft tot gevolg dat er met andere saneringscriteria, saneringsdoelen, aansprakelijkheidsregels en saneringsplichtigen rekening gehouden moet worden. Naast historische en niet-historische bodemverontreiniging bestaat er ook een zogenaamde gemengde verontreiniging. Dit type van verontreiniging komt voor wanneer er op een bepaald perceel grond zowel historische als niet-historische bodemverontreiniging aanwezig is. Indien beide vormen duidelijk van elkaar gescheiden kunnen worden, dienen de respectievelijke bepalingen voor elk soort bodemverontreiniging toegepast te worden. Indien dit niet het geval is, wordt er in samenwerking met een bodemsaneringdeskundige en de OVAM een opdeling gemaakt, waarna de respectievelijke bepalingen voor elk van beide weer gelden (Vlaamse overheid 2011).

4.2.3 Oriënterend en beschrijvend bodemonderzoek

Zoals hierboven reeds aangehaald werd, staan niet alle verontreinigde landbouwgronden geclassificeerd als risicogrond en kan dit nogal vergaande gevolgen hebben. Vooraleer deze gevolgen nader toegelicht kunnen worden, dient eerst het onderscheid tussen een oriënterend en beschrijvend bodemonderzoek uitgelegd te worden. Ook deze begrippen worden in de doorgenomen handleiding zeer goed uitgelegd (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2009). Een oriënterend bodemonderzoek wordt door de OVAM gedefinieerd als "een onderzoek naar bodemverontreiniging dat tot doel heeft uit te maken of er duidelijke aanwijzingen zijn voor de aanwezigheid van bodemverontreiniging. Het houdt een historisch onderzoek en een beperkte monsterneming in". Iedere eigenaar, exploitant of gebruiker van een bepaalde grond kan ten alle tijden een oriënterend bodemonderzoek laten uitvoeren. Ook de OVAM kan ambtshalve beslissen om een oriënterend bodemonderzoek op een bepaald perceel uit te voeren. In bepaalde gevallen kan de OVAM zelfs iemand verplichten een dergelijk onderzoek uit te laten voeren op zijn of haar perceel. Dit is onder meer het geval bij de overdracht van risicogrond, waarbij de verkoper van de grond verplicht is een oriënterend onderzoek te laten uitvoeren op het perceel dat verkocht wordt. Dit zal verder nog beschreven worden in paragraaf 4.4.

Omdat het in huidig onderzoek vooral draait om cadmiumverontreiniging, is het belangrijk dat er nagegaan wordt of er in een oriënterend bodemonderzoek ook daadwerkelijk onderzoek gevoerd wordt naar de aanwezigheid van deze stof. Omdat er na raadpleging van verschillende handleidingen en teksten nog altijd geen duidelijkheid bestond omtrent de stoffen die juist gemeten worden bij het uitvoeren van een oriënterend bodemonderzoek, werd er contact opgenomen met de OVAM. Op basis van dit persoonlijk contact kon er een veel duidelijker beeld gevormd worden met betrekking tot de stoffen die gemeten worden tijdens een oriënterend bodemonderzoek. De OVAM deelde mee dat er bij analyses van het vaste deel van de aarde en van het grondwater vaak een standaard analyse wordt uitgevoerd waarbij de analyse onder andere gebeurt op zware metalen. Wat deze standaard analyse, ook wel het Standaard Analyse Pakket (SAP) genoemd, juist allemaal inhoudt, kan teruggevonden worden in de Standaardprocedure Oriënterend Bodemonderzoek (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2011). De beschrijving van deze procedure geeft weer dat er tijdens het historisch onderzoek nagegaan wordt of er op het betreffende perceel of op omliggende terreinen ooit risico-inrichtingen aanwezig waren die een mogelijke bedreiging vorm(d)en voor de kwaliteit van de bodem. Op basis van de resultaten van dit historisch onderzoek kan er een beeld gevormd worden van de chemicaliën die in de bodem aanwezig zijn en van de activiteiten die zich in het verleden op het betreffende perceel afspeelden.

Na het uitvoeren van een historisch onderzoek wordt er door een bodemsaneringdeskundige een gepaste bemonsteringsstrategie ontwikkeld. Bij de aanwezigheid van een risico-inrichting in de omgeving, worden zowel de vroegere als de huidige en potentiële verontreinigingsbronnen nauwkeurig beschreven en gelokaliseerd om een gepaste bemonsteringsstrategie op te stellen. Er wordt door een terreinbezoek en een studie over eerdere bodemonderzoeken- en saneringen een overzicht gemaakt van boven- en ondergrondse stromingen waardoor onderstroming kan plaatsvinden. Bij het opstellen van de bemonsteringsstrategie wordt er per potentiële verontreinigingsbron nagegaan welke de verdachte stoffen zijn (inclusief de relevante afbraakproducten). Dit gebeurt op basis van de geldende Code van Goede Praktijk (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2009) en wordt aangevuld door een evaluatie die uitgevoerd wordt door de bodemsaneringdeskundige.

Doordat de hierboven besproken procedure nogal uitgebreid is, kan besloten worden dat de concentratie aan verontreinigende stoffen zoals ondermeer cadmium wel degelijk gemeten wordt bij een onderzoek dat plaatsvindt in het huidige onderzoeksgebied. Verder wordt er in de beschrijving van de procedure aangehaald dat de plaats van monsterneming per verontreiniging en per perceel exact wordt bepaald en dat ook de gepaste diepte voor de monsterneming nagegaan wordt. De boringen en analyses worden met andere woorden ruimtelijk verspreid over de onderzoekslocatie en mogen niet op één lijn gelegen zijn. Op basis van de manier waarop deze onderzoeken worden uitgevoerd, kan dus geconcludeerd worden dat, wanneer er zich zware metalen bevinden in een landbouwgrond, dit ook accuraat gemeten zal worden in een oriënterend

bodemonderzoek en hiervan dus melding wordt gedaan. De uitgevoerde onderzoeken kunnen dan ook als betrouwbaar aanzien worden. Op basis van een oriënterend bodemonderzoek kan een bepaalde grond in het grondeninformatieregister worden opgenomen.

Er wordt slechts tot een beschrijvend bodemonderzoek overgegaan wanneer bij historische bodemverontreiniging blijkt dat er duidelijke aanwijzingen zijn dat de historische bodemverontreiniging een ernstige verontreiniging vormt. Een beschrijvend bodemonderzoek heeft tot doel de aanwezige concentraties in de verontreinigde grond in detail na te gaan en wordt door de OVAM dan ook gedefinieerd als "een bodemonderzoek dat wordt uitgevoerd om de ernst van de bodemverontreiniging vast te stellen. Het beoogt een beschrijving te geven van de soort, de aard, de hoeveelheid, de concentratie, de oorsprong en de omvang van de verontreinigende stoffen of organismen, de mogelijkheid op verspreiding ervan en het gevaar op blootstelling eraan van mensen, planten en dieren en van het grond- en oppervlaktewater. Daarnaast kunnen in een beschrijvend bodemonderzoek gegevens worden opgenomen met betrekking tot de inschatting van het gevaar op blootstelling aan de bodemverontreiniging van mensen, planten en dieren en van het grond- en oppervlaktewater bij een potentieel andere bestemming". Wanneer uit dit beschrijvend bodemonderzoek blijkt dat er een ernstige bodemverontreiniging aanwezig is, dient er overgegaan te worden tot een bodemsanering van het betreffende perceel (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2009).

4.2.4 Bodemattest

Een volgend begrip dat nog de nodige uitleg verdient vooraleer de procedure omtrent de overdracht van landbouwgronden besproken kan worden, is het begrip 'bodemattest'. Een bodemattest wordt door de OVAM gedefinieerd als "een officieel document dat weergeeft welke informatie over een grond beschikbaar is in het grondeninformatieregister (GIR) van de OVAM". Wanneer een grond wordt overgedragen, is de verkoper sinds 1 oktober 1996 verplicht een bodemattest aan te vragen bij de OVAM. Het attest heeft een beschermende functie doordat de bedoeling ervan is de koper op de hoogte brengen van de toestand van een bepaalde (landbouw)grond. Er moet echter rekening mee gehouden worden dat een bodemattest niet altijd volledig ingevuld is. De enige gegevens die dan op het bodemattest vermeld worden, zijn kadastrale gegevens en de identiteit van de eigenaar en de gebruiker. Indien er van een bepaald perceel geen gegevens beschikbaar zijn bij de OVAM omtrent de bodemkwaliteit, wordt er op het bodemattest eenvoudigweg vermeld: "de OVAM beschikt voor deze grond niet over informatie met betrekking tot de bodemkwaliteit". Op een volledig ingevuld bodemattest zijn naast kadastrale gegevens en gegevens over de identiteit van de eigenaar en de gebruiker ook gegevens over de ernst van de bodemverontreiniging en gegevens over eventuele gebruiksbeperkingen of voorzorgsmaatregelen terug te vinden.

In de praktijk is het zo dat de ligging van risicogronden, waarvan het bodemattest meestal volledig ingevuld is, bekend is. Dit komt voort uit de manier waarop risicogronden en niet-risicogronden

worden geregistreerd. In een eerste verkennende literatuurstudie werd er over de manier van registratie zeer weinig teruggevonden. Opnieuw werd er contact opgenomen met mensen van de OVAM, die wezen op artikel 7 van het VLAREBO Bodemdecreet (Vlaamse overheid 2011), dat als volgt gaat: "§ 1 Elke gemeente beheert een inventaris van de risicogronden die op haar grondgebied gelegen zijn. Op eerste verzoek verstrekt de Bestendige Deputatie van de provincie aan de gemeentes die gegevens die hen moeten toelaten de inventaris te beheren. § 2 Bij de opname van een grond in en de verwijdering van een grond uit de gemeentelijke inventaris, bezorgt de gemeente onverwijld een uittreksel betreffende de in de inventaris opgenomen gegevens aan de OVAM. De OVAM neemt deze gegevens op in het grondeninformatieregister. § 3 De Vlaamse Regering stelt nadere regelen vast betreffende het beheer en de toegankelijkheid van de gemeentelijke inventaris." Uit dit artikel blijkt dus dat gemeentes zelf instaan voor het melden en dus classificeren van risicogronden, waardoor de ligging van deze gronden bekend is.

Voor een niet-risicogrond is een bodemattest geldig zolang de toestand van de betreffende grond dezelfde blijft en zolang er geen administratieve gegevens van de grond wijzigen. Bij risicogronden is dit anders. Hier hangt de geldigheid immers af van de geldigheid van het oriënterend bodemonderzoek. Dit bodemonderzoek is onbeperkt geldig tenzij er een schadegeval is opgetreden, de ruimtelijke omschrijving van de onderzochte grond niet meer overeenstemt met de omschrijving van de grond waarop de onderzoeksplicht rust of de bestemming van de grond conform de geldende plannen van aanleg of ruimtelijke uitvoeringsplannen is gewijzigd sinds het vorige oriënterende bodemonderzoek (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2009).

4.3 Betrokken actoren

Er zijn verschillende actoren betrokken bij een overdracht van landbouwgrond (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2009). Deze hebben elk hun verantwoordelijkheden en dienen het bodemdecreet te kennen. Een eerste persoon is de notaris. Het is zijn functie om in de akte van verkoop de verklaring van de overdrager op te nemen dat de koper van de betreffende grond voor het sluiten van de overeenkomst op de hoogte is gebracht van de inhoud van het bodemattest. De notaris moet de inhoud van dit bodemattest opnemen in de overdrachtsakte. Hij moet er op letten dat de vermelde bodemonderzoeken op het bodemattest nog voldoende actueel zijn. Wanneer ze dat niet meer zijn, dient de notaris een aanvullend of een nieuw oriënterend bodemonderzoek te laten uitvoeren en dit te melden aan zijn cliënt. Bij een overdracht van risicogrond dient de notaris naast de inhoud van het bodemattest ook de verklaring in de akte op te nemen dat de bepalingen die gelden bij een overdracht van risicogrond strikt werden toegepast. Deze bepalingen worden weergegeven in artikel 102 tot en met artikel 113 van het bodemdecreet en komen verderop in paragraaf 4.4 nog ter sprake (Vlaamse overheid 2011). Dit impliceert dat de notaris voor het verlijden van elke overdrachtsakte moet nagaan of het gaat om een risicogrond of niet. Dit kan hij doen aan de hand van allerlei hulpmiddelen zoals onder andere inventarissen van risicogronden en informatie van eigenaars en omwonenden. Of er al dan niet voldaan wordt aan de bepalingen die gelden bij de overdracht van risicogrond, kan niet altijd afgeleid worden uit het bodemattest.

Daarom is het soms nodig dat de notaris bijkomende informatie inwint vooraleer hij zijn medewerking kan verlenen aan het verlijden van de authentieke akte tot overdracht van risicoground. Pas wanneer deze documenten ook in de overdrachtsakte worden opgenomen, kan de overdracht plaatsvinden op basis van de documenten die hij ter beschikking heeft.

Een tweede partij wordt gevormd door vastgoedkantoren en makelaars. Hun functie bestaat er enkel in de schakel te vormen tussen overdrager en verwerver. Ze moeten kopers en verkopers als het ware wijzen op de implicaties van het bodemdecreet.

Een volgend persoon is de overdrager. Deze verkoopt de betreffende landbouwgrond en dient bij de OVAM een bodemattest aan te vragen. De kosten van dit bodemattest zijn voor zijn rekening en bedragen 32 euro per kadastraal perceel of 127 euro wanneer een attest voor een deel van het kadastraal perceel wordt aangevraagd. Een belangrijke taak van de overdrager bestaat erin dat hij, net zoals een notaris, moet nagaan of het om een overdracht van risicoground of van niet-risicoground gaat. Dit kan hij doen door na te gaan of er risico-inrichtingen op zijn grond aanwezig waren of zijn die vermeld worden in de lijst van risico-inrichtingen die teruggevonden kan worden in bijlage 1 van Vlarem. Ook kan de overdrager hier andere bronnen voor raadplegen zoals gemeentelijke inventarissen van risicogronden, informatie van omwonenden, archieven en luchtfoto's. Bij het bepalen of een perceel risicoground is of niet, is het belangrijk dat er gekeken wordt naar de werkelijke situatie en niet naar de vergunde situatie. Het gebeurt immers dat er vergunningen verleend worden voor risico-inrichtingen terwijl deze nooit opgericht worden. Ook kan het gebeuren dat er wel degelijk risico-inrichtingen aanwezig zijn op een bepaald perceel hoewel daarvoor nooit een vergunning werd afgeleverd. De inhoud van het bodemattest of eventuele andere informatie moet door de verkoper overgemaakt worden aan de koper voor het sluiten van de overeenkomst. Indien de verkoper een risicoground verkoopt, heeft hij een zogenaamde onderzoeksplicht. Hij dient dan een oriënterend bodemonderzoek te laten uitvoeren op de betrokken grond. Indien hierbij bodemverontreiniging ontdekt wordt, kan de overdracht nog niet plaatsvinden. Deze procedure wordt verderop nog uitvoeriger besproken.

De koper van landbouwgrond is de volgende partij die besproken wordt. Het is best dat de koper zich actief informeert bij de verkoper in verband met het feit of het al dan niet over risicoground gaat die verkocht wordt. Dit moet hij doen vooraleer de verkoopovereenkomst gesloten wordt en kan best via de notaris gebeuren. Indien de koper kan aantonen dat de verkoper niet aan zijn verplichtingen heeft voldaan, kan hij de nietigheid van de overdracht vorderen. Er bestaat ook de mogelijkheid dat de koper enkele verplichtingen van de verkoper overneemt. Dit dient onderling afgesproken te worden en de verplichtingen dienen uitgevoerd te worden alvorens de overdracht van risicoground kan gebeuren.

Naast voorvermelde actoren is er nog de bodemsaneringdeskundige. Dit is een onafhankelijke persoon die erkend wordt door de Vlaamse regering. Tot zijn takenpakket behoren onder meer het uitvoeren van oriënterende en beschrijvende bodemonderzoeken, het opstellen van

bodemsaneringsprojecten en het begeleiden van saneringswerken. Hij voert deze taken uit in opdracht van de eigenaar of gebruiker van een bepaalde grond. Er bestaan twee types van bodemsaneringdeskundigen. Een deskundige van type twee mag naast een oriënterend bodemonderzoek ook een beschrijvend bodemonderzoek uitvoeren, terwijl een deskundige van type één enkel een oriënterend bodemonderzoek mag uitvoeren. Een lijst van deskundigen is te raadplegen op de website van de OVAM.

Een laatste partij die besproken wordt, zijn de gemeentes. Deze zijn een belangrijke bron van informatie voor zowel de OVAM als voor de bodemsaneringdeskundige, de notaris en de burger. Zij hebben de functie om melding te doen bij de OVAM van de risicogronden die op hun grondgebied gelegen zijn. Zo helpen zij het grondeninformatieregister aan te vullen. Indien zij melding doen van een risicogrond, krijgen zij in de plaats een kopie van het bodemattest toegestuurd door de OVAM (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2009); (Vlaamse overheid 2011).

4.4 Procedure bij de overdracht van landbouwgrond

Nu enkele specifieke termen verklaard zijn en de verschillende actoren besproken werden, kan de procedure besproken worden die van toepassing is bij het verkopen van landbouwgronden. Aangezien verontreinigde landbouwgronden in het onderzoeksgebied zowel geclassificeerd kunnen staan als risicogrond en niet-risicogrond, zal de procedure die van toepassing is, besproken worden voor elk van beide categorieën. De procedures die besproken zullen worden, gelden voor de overdracht van historisch verontreinigde gronden omdat het dit soort van verontreiniging is waar het in huidige masterproef over gaat. Ook wordt ervan uitgegaan dat het bij de overdracht van gronden gaat om volledige percelen en niet om delen van een perceel. Het decreet waarin de artikelen zijn opgenomen waarnaar er in het vervolg van huidige paragraaf wordt verwezen, is de geconsolideerde versie van 28 februari 2011 van het decreet van 27 oktober 2006 betreffende de bodemsanering en de bodembescherming (Vlaamse overheid 2011).

4.4.1 Procedure bij de overdracht van risicogrond

Wanneer er op een bepaalde grond een risico-inrichting aanwezig was of is en de grond dus als risicogrond kan worden beschouwd, is de overdrager of verkoper verplicht op het betreffende perceel een oriënterend bodemonderzoek te laten uitvoeren (artikel 102). De kosten van dit onderzoek zijn voor zijn rekening. Het oriënterend bodemonderzoek dient uitgevoerd te worden door een bodemsaneringdeskundige die erkend is door de Vlaamse regering. De resultaten van het onderzoek worden door de deskundige binnen de dertig dagen meegedeeld en moeten gerapporteerd worden aan de OVAM.

Buiten de verplichting om een oriënterend bodemonderzoek te laten uitvoeren, dient de overdrager ook melding te doen van de overdracht van zijn risicogrond bij de OVAM (artikel 103). Hiervoor bestaan er standaardformulieren die door de overdrager ingevuld dienen te worden. De melding moet op straffe van niet-ontvankelijkheid met dergelijk formulier gebeuren. Op het formulier bevinden zich ondermeer gegevens van de overdrager en kadastrale gegevens van de over te

dragen risicogrond. Naast deze gegevens dient de overdrager op het formulier duidelijk aan te geven dat het zijn bedoeling is om de grond over te dragen. Ook moet er door de overdrager een verslag van het meest recente oriënterend (en eventueel beschrijvend) bodemonderzoek bijgevoegd worden. Het is hierbij belangrijk dat de overdrager nagaat of de resultaten van het uitgevoerde onderzoek reeds bij de OVAM werden ingediend. Wanneer dat niet het geval is, kunnen deze samen met het meldingsformulier worden ingediend. Het meldingsformulier dient ondertekend door de overdrager (of door iemand anders die de bevoegdheid heeft om het formulier te ondertekenen), aan de OVAM overgemaakt te worden voordat de overdracht daadwerkelijk plaatsvindt.

Een standaardvereiste bij het overdragen van grond is het aanvragen van een bodemattest (artikel 101). Dit moet ook gebeuren wanneer er een risicogrond wordt overgedragen. Het is de overdrager van de landbouwgrond die verplicht is een bodemattest aan te vragen bij de OVAM en de inhoud ervan mee moet delen aan de koper van de betreffende landbouwgrond. In de praktijk gebeurt het aanvragen van een bodemattest meestal door een notaris, makelaar of bodemsaneringdeskundige. Het bodemattest kan aangevraagd worden via een 'aanvraagformulier bodemattest'. Dit formulier is te verkrijgen bij de gemeente, bij een notaris of bij de OVAM. Het bodemattest wordt in geval van risicogronden binnen de zestig dagen na ontvangst van aanvraag afgeleverd. Het zou logisch zijn dat dit bodemattest aangevraagd wordt nadat het oriënterend bodemonderzoek en de melding van overdracht zijn uitgevoerd. De resultaten van het oriënterend bodemonderzoek zouden dan immers al opgenomen kunnen worden in het aangevraagde bodemattest. Of dit ook allemaal daadwerkelijk in die volgorde verloopt en of de resultaten van het oriënterend onderzoek al opgenomen zijn in het aan te vragen bodemattest, is echter niet duidelijk terug te vinden in de literatuur. Zowel in de handleiding van overdrachten volgens het bodemdecreet (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij 2009), als in het decreet betreffende de bodemsanering en de bodembescherming (Vlaamse overheid 2011), worden de drie vereisten wel besproken maar wordt niet duidelijk vermeld in welke volgorde zij juist uitgevoerd dienen te worden. Daarom werd er persoonlijk contact opgenomen met mensen van de infolijn bodem binnen de OVAM. Zij deelden mee dat het in de praktijk ook wel degelijk in die volgorde wordt uitgevoerd. Eerst wordt er een oriënterend bodemonderzoek uitgevoerd. Daarna dienen de melding van overdracht en het aanvragen van een bodemattest te gebeuren zodat er in de melding van overdracht verslag gemaakt kan worden van de resultaten van het uitgevoerde bodemonderzoek. Dit bodemonderzoek wordt dan als meest recent aangeduid in de melding van overdracht. Ook het bodemattest bevat in dat geval de informatie die bij het uitgevoerde oriënterend bodemonderzoek werd achterhaald. Daarnaast werd er nog meegedeeld dat er door de OVAM ambtshalve een nieuw bodemattest uitgereikt kan worden na de beoordeling van een oriënterend bodemonderzoek.

Uit de inhoud van het uiteindelijke bodemattest en de resultaten van het oriënterend bodemonderzoek kan vervolgens afgeleid worden of er aanwijzingen zijn dat de bodem ernstig historisch verontreinigd is en of er met andere woorden overgegaan dient te worden op het

uitvoeren van een beschrijvend bodemonderzoek. Wanneer dit niet het geval is en het oriënterend bodemonderzoek geldig is, kan de overdracht van de risicoground gewoon plaatsvinden. Indien er uit het oriënterend bodemonderzoek blijkt dat er wel een beschrijvend bodemonderzoek uitgevoerd dient te worden, kan de overdracht nog niet plaatsvinden.

De relevante artikelen die gebruikt worden bij de bespreking van de gevolgen van het niet kunnen plaatsvinden van de overdracht van historisch verontreinigde gronden, zijn artikelen 109 tot en met 112. Als uit het oriënterend onderzoek blijkt dat er aanwijzingen zijn dat de risicoground ernstig historisch verontreinigd is, dient de OVAM de overdrager binnen een termijn van zestig dagen na melding van overdracht te verplichten een beschrijvend bodemonderzoek uit te laten voeren. Wanneer er door de OVAM op basis van dit beschrijvend bodemonderzoek wordt aangetoond dat de grond ernstig historisch verontreinigd is, kan de overdracht van de grond niet doorgaan. De betreffende grond kan dan pas worden overgedragen nadat de overdrager bijvoorbeeld een bodemsaneringsproject heeft opgesteld of financiële zekerheden heeft gesteld tot waarborg van de uitvoering van de verbintenis. Soms is de overdrager echter niet verplicht om tot een beschrijvend bodemonderzoek en de eventueel bijhorende sanering over te gaan. Hij is dan zeggend vrijgesteld van saneringsplicht. Wanneer de overdrager de hoedanigheid van exploitant of gebruiker heeft, is dit het geval wanneer hij de bodemverontreiniging niet zelf heeft veroorzaakt of wanneer de bodemverontreiniging tot stand kwam voor het tijdstip waarop de overdrager de grond in exploitatie of in gebruik heeft genomen. Wanneer de overdrager de hoedanigheid van eigenaar heeft, moet hij naast het voldoen aan de twee voorwaarden die daarnet vermeld werden, ook kunnen aantonen dat hij niet op de hoogte was en behoorde te zijn van de bodemverontreiniging op het ogenblik dat hij eigenaar van de grond werd. In afwijking van deze voorwaarden, is de overdrager in uitzonderlijke gevallen toch verplicht van een beschrijvend bodemonderzoek en/of een bodemsanering uit te voeren wanneer de OVAM kan aantonen dat een rechtsvoorganger de bodemverontreiniging heeft veroorzaakt of dat de bodemverontreiniging tot stand gekomen is tijdens de periode dat een rechtsvoorganger de grond in exploitatie, gebruik of eigendom had (artikel 22 en 23). Belanghebbenden kunnen natuurlijk altijd beroep aantekenen tegen de beslissingen die genomen worden door de OVAM. Hiervoor nemen zij best een advocaat onder de arm. De kosten van beschrijvende bodemonderzoeken en bodemsaneringen worden bij historische bodemverontreiniging verhaald op die personen die worden aangesteld overeenkomstig de aansprakelijkheidsregels die van toepassing waren voor 29 oktober 1995.

4.4.2 Procedure bij de overdracht van niet-risicoground

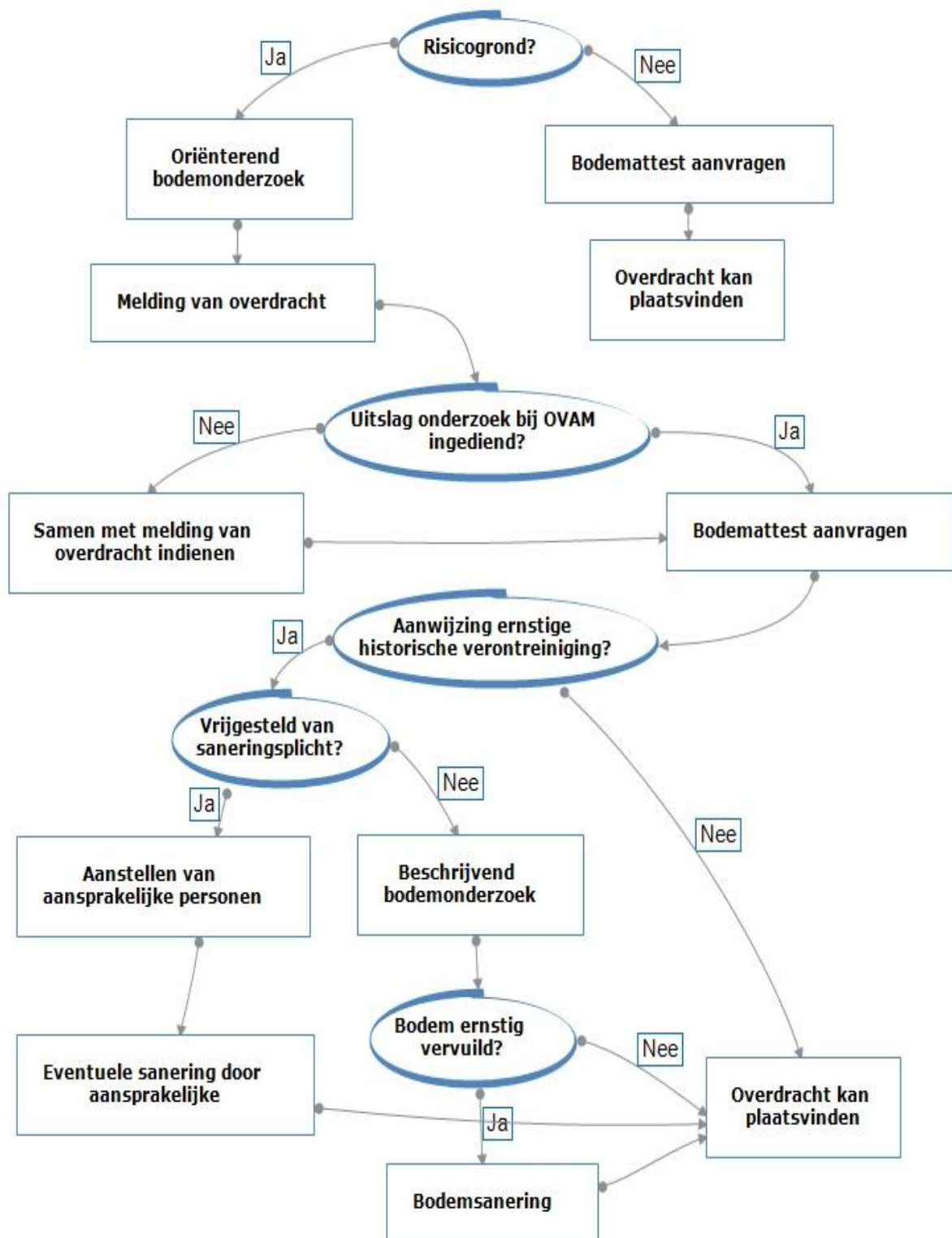
In het geval van overdracht van niet-risicoground is de enige voorwaarde de aanwezigheid van een bodemattest (artikel 101). Dit moet zoals bij risicogronden aangevraagd worden door de overdrager en de inhoud ervan moet meegedeeld worden aan de koper van de betreffende grond. De inhoud van het bodemattest moet weer opgenomen worden in de onderhandse, authentieke akte van de grond. Hoewel de vorige zinnen misschien het vermoeden wekken dat de inhoud van het bodemattest horende bij een niet-risicoground veel informatie bevat, is dit in werkelijkheid zeker

niet het geval. Op dergelijke bodemattesten wordt immers meestal gewoonweg vermeld "de OVAM beschikt voor deze grond niet over informatie met betrekking tot de bodemkwaliteit". Dit wil zeggen dat er bij de OVAM geen weet is van bodemonderzoeken op het betreffende perceel, hetgeen redelijk logisch is aangezien er bij niet-risicogronden niet verplicht overgegaan dient te worden tot het uitvoeren van een bodemonderzoek. Toch bestaan er ook uitzonderingen. Zo kan het bodemattest van een niet-risicogrond wel informatie in verband met de kwaliteit van de bodem bevatten wanneer er om één of andere reden wel ooit een bodemonderzoek werd uitgevoerd op het betreffende perceel en het verslag ervan bij de OVAM werd ingediend. Ook kan het bodemattest wel informatie bevatten wanneer een schadegeval op het betreffende perceel heeft plaatsgevonden waarbij bodemverontreiniging ontstond of wanneer de OVAM over een bodemonderzoek beschikt waarin bodemverontreiniging wordt vastgesteld die tot stand kwam op een nabijgelegen perceel en zich door onderstroming naar het betreffende perceel heeft verspreid. Dit perceel wordt dan immers ook opgenomen in het grondeninformatieregister. Het is hierbij wel heel belangrijk om in te zien dat de overdracht van de grond toch door kan gaan, doordat het om een niet-risicogrond gaat waarop de bepalingen van artikel 102 en volgende van het bodemdecreet niet van toepassing zijn (Vlaamse overheid 2011). Er moet dus geen melding van overdracht of een oriënterend bodemonderzoek uitgevoerd worden. In het geval dat het bodemattest ingevuld is, weet de potentiële koper enkel of de grond verontreinigd is en dat hij mogelijk als saneringsplichtige kan worden aangesteld. In het geval van een blanco bodemattest kan er zelfs perfect tot overdracht van verontreinigde grond worden overgegaan zonder dat de potentiële koper op de hoogte is van de graad van verontreiniging die zich in de betreffende grond bevindt. Deze toch wel vreemde bevinding werd in persoonlijk contact met mensen van de OVAM bevestigd. Het is dus wel degelijk mogelijk dat een landbouwer een verontreinigde landbouwgrond koopt zonder dat hij op de hoogte is van de aanwezige verontreiniging. Deze bevinding kan het onderzoek naar een mogelijk effect van cadmiumverontreiniging op de prijs van landbouwgrond beïnvloeden. Wanneer landbouwers immers niet op de hoogte zijn van de verontreiniging die zich in de aangekochte grond bevindt, gaat dit zich waarschijnlijk niet vertalen in een lagere willingness to pay en dus ook niet in een lagere verkoopprijs. Hiermee moet dan ook rekening gehouden worden bij het uitvoeren van de analyses en bij het interpreteren van de bijhorende resultaten.

Als na de verkoop, waarbij er geen ingevuld bodemattest ter beschikking was, zou blijken dat de overgedragen niet-risicogrond toch historisch verontreinigd is, zal de OVAM de nieuwe exploitant, gebruiker of eigenaar van de betreffende grond (in die volgorde) als saneringsplichtige aanspreken en aanmanen om verdere stappen te ondernemen. Deze is dan verplicht om een beschrijvend bodemonderzoek en/of sanering te laten uitvoeren, behalve in het geval dat hij kan aantonen dat hij onschuldig is en dus vrijgesteld kan worden van saneringsplicht. Hiervoor gelden dezelfde voorwaarden als bij de bespreking van de overdracht van historisch verontreinigde risicogrond werden aangehaald (artikel 22 en 23). Indien iemand als nieuwe eigenaar de verontreiniging niet zelf veroorzaakt heeft, zal hij meestal voldoen aan de twee eerste voorwaarden die in deze

artikelen vermeld staan (de nieuwe eigenaar heeft de bodemverontreiniging niet zelf veroorzaakt en de bodemverontreiniging is tot stand gekomen voor het tijdstip waarop hij de eigenaar van de grond werd). De derde voorwaarde, die enkel geldt voor eigenaars, is de kennisvoorwaarde. Om aan deze voorwaarde te voldoen, is het zeer belangrijk dat de potentiële koper op het moment van de aankoop voldoende voorzichtig is. Hij moet met de nodige ernst onderzoeken of het om risicogrond gaat en hij moet nagaan of er zeker geen gegevens zijn waaruit zou kunnen blijken dat er een verontreiniging in de grond aanwezig is. Indien hij als nieuwe eigenaar niet van zijn saneringsplicht zou worden vrijgesteld en er toch iemand anders aansprakelijk zou zijn voor de bodemverontreiniging, kan hij de saneringskosten nog altijd proberen terug te vorderen van de saneringsaansprakelijke, diegene die de bodemverontreiniging heeft veroorzaakt. Hiervoor doet hij best beroep op een advocaat.

Na voorgaande bespreking wordt duidelijk dat de procedure die doorlopen dient te worden bij de overdracht van gronden, nogal complex in elkaar zit. Dit is zeker het geval bij risicogronden. Daarom werd ervoor gekozen om de procedure ook schematisch voor te stellen. Het verkregen procedureschema wordt op de volgende pagina weergegeven. Deze schematische voorstelling werd opgesteld vanuit het oogpunt van de overdrager en is aldus een handig hulpmiddel bij de overdracht van risico- en niet-risicogronden.



Figuur 9: Procedureschema risico- en niet-risicogrund.

Hoofdstuk 5: Waarderingsmethode

5.1 Inleiding

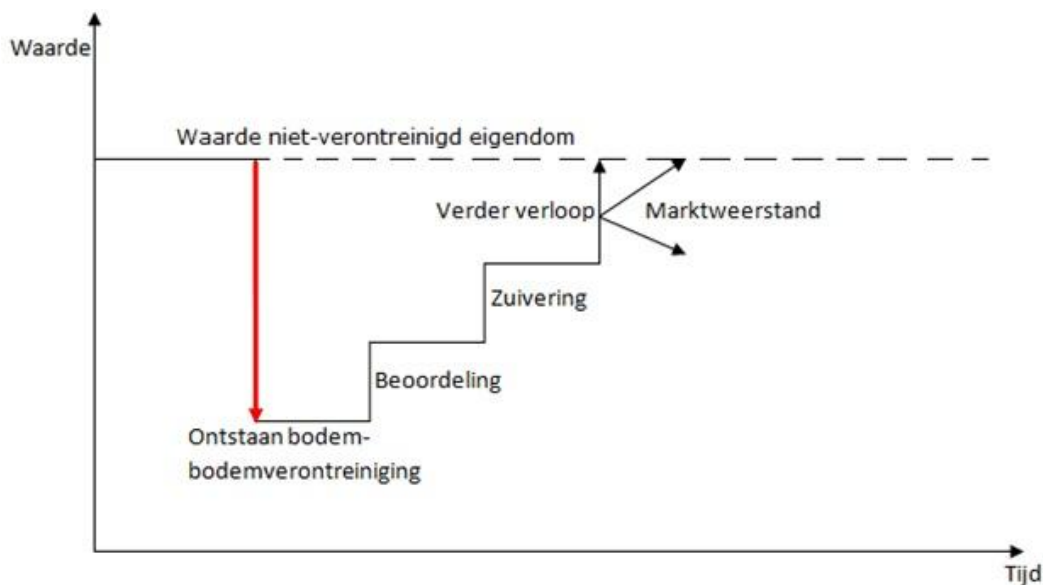
Landbouwgronden worden meestal gewaardeerd door de verdisconteerde productieve netto-inkomsten, die volgen uit het meest winstgevend gebruik ervan, met elkaar op te tellen (Plantinga, Lubowski et al. 2002). Factoren die dan in rekening worden gebracht en dus een invloed hebben op de netto-inkomsten, zijn bijvoorbeeld bodemkwaliteit, watervoorziening, beschikbaarheid tot markten en kapitaalsverbeteringen (Bastian, McLeod et al. 2002). Bovenop deze micro-economische verklaring voor de prijs van landbouwgrond komen er in de praktijk nog veel meer factoren voor die een invloed hebben op de waarde van landbouwgrond. Een uitgebreide bespreking van die factoren die in huidig onderzoek in rekening gebracht worden, volgt in het volgende hoofdstuk. De methode die toegepast zal worden om de verschillende factoren te waarderen, wordt in huidig hoofdstuk uitvoerig besproken.

5.2 Algemene waarderingsmodellen

In de wetenschappelijke literatuur zijn er, voor zover geweten, geen artikelen die handelen over de prijsvermindering van landbouwgrond ten gevolge van de aanwezigheid van zware metalen zoals cadmium. De mogelijke invloed wordt soms wel beschreven, maar van een gefundeerd onderzoek met bijhorende cijferkundige gegevens en/of resultaten is geen sprake. Er wordt hoogstens aangehaald dat de mate van verontreiniging de waarde beïnvloedt (Luijt, Kuhlman et al. 2003). Door gebrek aan eerder onderzoek valt er niet na te gaan welke methodes er in het verleden al dan niet met succes gebruikt werden om de invloed van cadmiumverontreiniging op de waarde van landbouwgrond na te gaan. Er bestaan echter wel algemene modellen die de waardevermindering van eigendommen ten gevolge van nadelige invloeden trachten te kwantificeren en het verdere verloop zoals beoordeling en zuivering trachten voor te stellen. Dergelijke modellen creëren een algemeen beeld over de redenen waarom de waarde van een bepaalde landbouwgrond kan dalen en de redenen waarom deze waarde ook weer terug kan stijgen.

Het 'Detrimental condition model' van Bell (Bell 1998) is een dergelijk model en wordt in deze alinea besproken, toegepast op landbouwgronden. Het model vertrekt van de gedachte dat eerst de waarde van niet-verontreinigde landbouwgrond geschat dient te worden. Daarna kan het verlies in waarde ten gevolge van de aanwezigheid van cadmiumverontreiniging geschat worden en afgetrokken worden van de waarde van de niet-verontreinigde landbouwgrond. Zo blijft de waarde van de verontreinigde grond over. Het betreffende model wordt in figuur 10 weergegeven. Zoals op de grafiek in deze figuur te zien valt, wordt er bovenaan de grafiek vertrokken van de waarde van niet-verontreinigde landbouwgrond. Wanneer er zich een verontreiniging op een bepaalde landbouwgrond voordoet, gaat de waarde ervan dalen. Wanneer er vervolgens een beoordeling wordt gemaakt van de aanwezige cadmiumverontreiniging, stijgt de waarde van de verontreinigde landbouwgrond terug. Dit komt door het feit dat deze beoordeling cruciaal is om tot een duurzame oplossing te kunnen komen en doordat er aan de hand van die beoordeling eigenlijk een inventaris wordt opgemaakt van het probleem, waarmee ook voorspellingen uitgevoerd kunnen worden. De

kosten die de beoordeling met zich meebrengt, bestaan uit alle kosten die de beoordeling van verontreinigde landbouwgrond met zich meebrengt voordat er een zuivering is uitgevoerd. Nadat de beoordeling is uitgevoerd, vindt een verdere stijging van de waarde plaats wanneer de betreffende landbouwgrond daadwerkelijk gezuiverd wordt. Dit brengt op zijn beurt echter kosten met zich mee die afhangen van de gekozen zuiveringstechniek. Na de zuivering kan het gebeuren dat de waarde van de landbouwgrond zich nog steeds niet terug op het niveau bevindt waarvan initieel werd vertrokken. Dit komt doordat verdere controle nodig kan zijn en doordat er mogelijk gebruiksbeperkingen opgelegd worden. Tot slot kan ook de markt ervoor zorgen dat de waarde van landbouwgrond zich maar moeizaam herstelt tot op het initiële niveau. Marktweerstand wil immers zeggen dat mensen weigerachtig blijven tegenover een landbouwgrond die ooit verontreinigd was, maar intussen wel gezuiverd werd. Dit is een gevolg van het feit dat de gewone mens geen expert is op gebied van verontreinigingen. In tegenstelling tot een expert, kan de gewone mens niet zeker zijn van de toestand van een gezuiverde landbouwgrond en moet hij daarom vertrouwen op de expert in kwestie. Dit zorgt ervoor dat er altijd wat twijfel zal bestaan bij gewone mensen. Zij beschouwen de gezuiverde landbouwgrond automatisch als meer risicovol dan landbouwgronden die nooit verontreinigd zijn geweest. Dit heeft tot gevolg dat zij bij het kopen van een voorheen verontreinigde landbouwgrond een soort van negatieve risicopremie vooropstellen, waardoor de waarde van de gezuiverde grond niet volledig terug naar het initiële niveau evolueert.



Figuur 10: Detrimental condition model. Bron: (Bell 1998).

In huidig onderzoek is het de bedoeling een schatting te maken van het verlies in waarde ten gevolge van de aanwezigheid van cadmiumverontreiniging in de NoorderKempen. Er wordt met andere woorden nagegaan hoe groot de daling is die uiterst links op figuur 10 in het rood wordt weergegeven.

Een ander model dat gebruikt kan worden in huidig onderzoek geeft weer uit welke componenten de prijs van een bepaald verontreinigd eigendom bestaat (McClelland, Schulze et al. 1987). Gezien het model in staat is om rekening te houden met verontreinigingen die zich in de bodem bevinden, is het perfect toepasbaar in de context van de cadmiumverontreiniging op landbouwgronden in de NoorderKempen. Het is belangrijk om te weten uit welke componenten de prijs van een verontreinigde landbouwgrond bestaat aangezien er bij het voorspellen van deze prijs (en de bijhorende daling in prijs ten gevolge van cadmiumverontreiniging), rekening gehouden dient te worden met zoveel mogelijk componenten die een invloed hebben op de prijs van landbouwgrond. Alleen zo kunnen er betrouwbare conclusies bekomen worden. Het model helpt bij het identificeren van de verklarende variabelen die opgenomen dienen te worden in de te schatten prijsvergelijking en levert dus een belangrijke bijdrage aan de uit te voeren analyses. Zoals te zien valt op figuur 11, hangt de eigendomswaarde, in dit geval de prijs van landbouwgrond, af van subjectieve gezondheidsrisico's, objectieve risico's en andere eigendomskenmerken.

De objectieve risico's maken in figuur 11 deel uit van de groep eigendomskenmerken. Voorbeelden van dergelijke risico's zijn concentraties aan verontreinigende stoffen. Andere factoren die tot de groep van eigendomskenmerken behoren, zijn bijvoorbeeld de oppervlakte van het eigendom, het type eigendom, de afstand van dat eigendom tot het gemeentelijk centrum, enzovoort.

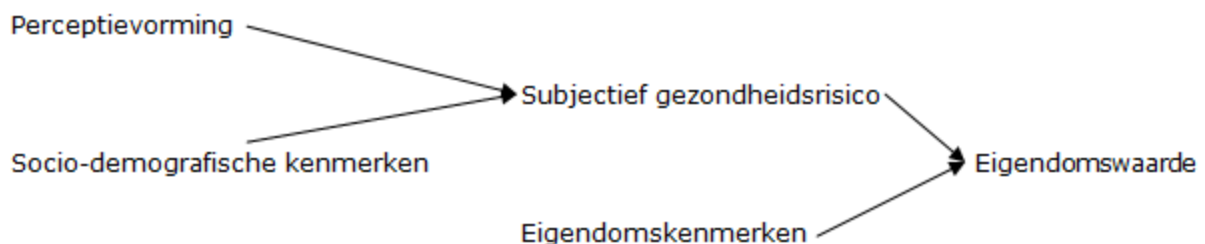
Over de gezondheidsrisico's die verontreinigingen met zich meebrengen, heeft elke persoon zijn eigen mening. De ene persoon vindt de verontreiniging erger dan de andere persoon. Het is door deze personen dat er dus een subjectieve inschatting wordt gemaakt van de risico's die de verontreiniging met zich meebrengt. Deze inschattingen worden in figuur 11 weergegeven als subjectieve gezondheidsrisico's. De inschatting van een persoon met betrekking tot de risico's van een bepaalde verontreiniging, wordt gevormd door de perceptievorming van deze persoon omtrent de verontreiniging en door de socio-demografische kenmerken van de persoon in kwestie. Deze worden uiterst links in figuur 11 weergegeven.

De perceptievorming van een persoon wordt beïnvloed door onder andere media-aandacht voor de verontreiniging en door de afstand tot de verontreinigende instelling. Het is immers zo dat er in allerhande media heel wat berichten verschijnen omtrent verontreinigingen, die niet altijd even positief zijn en dikwijls handelen over de negatieve gevolgen ervan op de gezondheid van de mens. Ook de inschatting omtrent de afstand van een bepaald eigendom tot de verontreinigende instelling beïnvloedt de percepties met betrekking tot de verontreiniging. Het is immers zo dat hoe dichter mensen bij de verontreinigende instelling wonen, hoe meer zij zich bewust zijn van mogelijk aanwezige verontreiniging en hoe groter zij dus het gezondheidsrisico ten gevolge van die verontreiniging inschatten.

Socio-demografische kenmerken spelen ook een rol bij het maken van een subjectieve inschatting. Voorbeelden van dergelijke kenmerken zijn de leeftijd van de persoon, het aantal leden van het gezin waar hij of zij deel van uitmaakt en het geslacht van de persoon.

Omdat het redelijk moeilijk is om na te gaan in hoeverre subjectieve inschattingen een invloed hebben op eigendomsprizen, zijn deze inschattingen best zo klein mogelijk. Wanneer deze inschattingen klein zijn, hangt de eigendomswaarde immers grotendeels af van het objectieve risico en andere eigendomskenmerken waarvan de invloed eenvoudiger valt na te gaan. Er zijn twee manieren om de grootte van de inschatting van het subjectief gezondheidsrisico te verminderen. De eerste en meest eenvoudige manier is het beïnvloeden van de perceptievorming. Dit kan gebeuren door acties op te zetten met de bedoeling mensen ervan te overtuigen dat de gevolgen van een bepaalde verontreiniging niet zo erg zijn als zij denken. Ook positieve media-aandacht in de zin van het voorstellen van oplossingen om de verontreiniging te verminderen of weg te werken, kan hierbij helpen. Een tweede manier om de inschatting te verminderen, bestaat erin de socio-demografische kenmerken van mensen aan te passen zodat zij de verontreiniging automatisch als minder erg aanschouwen. Het is in de praktijk echter zeer moeilijk om deze kenmerken aan te passen.

Wanneer de inschattingen van subjectieve gezondheidsrisico's hoger liggen dan de objectieve risico's, zou de perceptievorming van mensen best bewerkt worden. Dit zorgt er immers voor dat de subjectieve inschattingen van het risico gaan dalen en dat economische besparingen op gebied van onverantwoorde eigendomsdevaluaties groot zijn.



Figuur 11: Model van subjectief gezondheidsrisico en eigendomswaarde. Bron: (McClelland, Schulze et al. 1987).

5.3 De hedonistische prijsanalyse

5.3.1 Algemene beschrijving

In voorgaande paragrafen werd aangetoond dat er met verschillende verklarende factoren rekening gehouden moet worden bij het schatten van de prijs van verontreinigde landbouwgrond. Het is echter moeilijk om op elk van deze verklarende factoren een marktprijs te plakken. Deze prijs is immers niet bekend aangezien er geen afzonderlijke markt bestaat voor elk van de factoren. Alleen het geheel, de bundel van kenmerken van een perceel landbouwgrond, heeft een prijs. Dit is de zogenaamde verkoopprijs van een bepaalde landbouwgrond (Luijt, Kuhlman et al. 2003); (Gundimeda (z.d.)). Deze verkoopprijs is volgens de hedonistische prijstheorie gelijk aan de som van de prijzen van alle kenmerken van de landbouwgrond. Deze kenmerken worden bij een eigendomstransactie echter zelden rechtstreeks in aanmerking genomen. De prijs die verkregen wordt voor een bepaalde landbouwgrond bestaat niet enkel uit de eigenlijke waarde van de grond,

maar ook uit de waarde van verschillende liggings-, buurt-, omgevings- en milieukeurmerken (Ampe, De Wulf et al. (z.d.)). Omwille van deze kenmerken is de hedonistische prijsvergelijking overigens plaatsafhankelijk. Landbouwgronden die in eenzelfde streek of zone gelegen zijn, zullen immers bepaalde karakteristieken gemeenschappelijk hebben. Ook kan er correlatie bestaan tussen de verschillende kenmerken van een bepaalde grond (probleem van multicollineariteit).

De hedonistische prijsanalyse is een methode die gebaseerd is op vraagcurves. Deze zijn op hun beurt gebaseerd op de willingness to pay van personen voor een bepaalde eigenschap. Bij een hedonistische prijsanalyse wordt er gewerkt met reëel cijfermateriaal. In huidige masterproef zijn dit prijzen van verkochte landbouwgronden. Het is daarom dat een hedonistische prijsanalyse behoort tot de categorie van de 'revealed preference methods'. Bij deze set van methodes maken individuen hun willingness to pay voor een bepaald, niet-vermarktbaar goed kenbaar door de prijzen die ze betalen voor goederen die wel als geheel op de markt verkocht worden (Ampe, De Wulf et al. (z.d.)); (Gundimeda (z.d.)). In de context van het onderzoek kan de cadmiumverontreiniging zo bijvoorbeeld gewaardeerd worden door de grondmarkt, waarop de verontreiniging mogelijk een invloed heeft, te bestuderen. De grondmarkt waar het in huidige masterproef over gaat, is de markt van landbouwgrond. De hedonistische prijsanalyse laat toe van na te gaan in hoeverre de opgenomen verklarende variabelen een invloed hebben op de prijs van landbouwgrond. Het toekennen van een waarde aan elke verklarende factor gebeurt doorgaans door de perceelsprijs van landbouwgrond via een enkelvoudige prijsvergelijking te verklaren aan de hand van prijsbepalende componenten of verklarende factoren die gekozen dienen te worden. Op die manier kunnen de verschillende verklarende factoren en/of kenmerken gewaardeerd worden (Luijt, Kuhlman et al. 2003); (Bastian, McLeod et al. 2002). Deze waardering houdt in dat er voor elk van de kenmerken een marginale impliciete prijs bepaald wordt door gebruik te maken van de waargenomen marktprijzen van percelen landbouwgrond (Cotteleer, Luijt et al. 2007). Deze impliciete prijzen (ook wel hedonistische prijzen genoemd) komen verderop nog ter sprake wanneer de algemene prijsvergelijking wordt voorgesteld. Ook de interpretatie van deze impliciete prijzen als MWTP-maatstaven komt verderop nog aan bod. Welke verklarende factoren er in de prijsvergelijking worden opgenomen, wordt in het volgende hoofdstuk duidelijk waar elk van de verklarende factoren nader wordt uitgelegd.

5.3.2 Literatuurstudie

De keuze voor het toepassen van een hedonistische prijsanalyse wordt verantwoord door het feit dat de methode goed toepasbaar is in de context van huidig onderzoek waarin nagegaan wordt of onder andere cadmiumverontreiniging een invloed heeft op prijs van landbouwgrond. In de wetenschappelijke literatuur wordt de methode immers aangeduid als een methode die perfect toepasbaar is in gevallen waar de prijs van goederen direct beïnvloed wordt door omgevingsfactoren (Alberini (z.d.)). Dit wil in het geval van landbouwgrond bijvoorbeeld zeggen dat er met behulp van de hedonistische prijsanalyse nagegaan kan worden of er een prijsverschil bestaat tussen een landbouwgrond die in de nabijheid van een risico-inrichting ligt en een

vergelijkbare landbouwgrond die er verder vanaf gelegen is. Ook de nabijheid tot het gemeentelijk centrum is hier een voorbeeld van. Daarnaast is de hedonistische prijsanalyse in staat om de waarde van externaliteiten te schatten (Alberini (z.d.)). Dit wil in het geval van landbouwgrond zeggen dat er nagegaan kan worden of een verontreinigde landbouwgrond minder waard is dan een minder of niet-verontreinigde landbouwgrond. In een andere bron die geraadpleegd werd, worden deze bewaamheden bevestigd en wordt verder aangehaald dat het toepassen van de eenvoudige hedonistische prijsanalyse zeer geschikt is om lokale externe effecten zoals verontreinigingen rond puntbronnen in te schatten. Volgens dit onderzoek is het perfect mogelijk om door middel van een hedonistische prijsanalyse de potentiële voordelen van het zuiveren van verontreinigde grond te bepalen (en hiermee samenhangend de potentiële nadelen van de aanwezigheid van verontreiniging) wanneer de kwaliteit van landbouwgrond gezien wordt als een factor die de prijzen van landbouwgrond beïnvloedt en wanneer variaties in die kwaliteit duidelijk waarneembaar zijn (Clauw 2007).

Naast een algemene beschrijving van de mogelijkheden en de werking van de hedonistische prijsanalyse, werd er tijdens de verkennende literatuurstudie ook gezocht naar uitgevoerde onderzoeken waarin de methode reeds met succes werd toegepast. Op die manier kan er verdere voeling verkregen worden met de methode en kan er beroep gedaan worden op deze onderzoeken ter ondersteuning. Na een toegespitste literatuurstudie kon besloten worden dat de methode reeds herhaaldelijke keren werd gebruikt om de invloed van verschillende kenmerken op de prijs van landbouwgrond na te gaan (Bastian, McLeod et al. 2002); (Luijt, Kuhlman et al. 2003); (Cotteleer, Luijt et al. 2007). Er dient wel rekening gehouden te worden met het feit dat in geen enkel van die onderzoeken de factor bodemverontreiniging werd opgenomen als verklarende variabele. Hoewel de methode zeker in staat is om dergelijke factor te waarderen, blijkt de factor dus gewoon nog nooit als verklarende factor opgenomen te zijn in een onderzoek omtrent landbouwgronden. Daarom werd er gekeken of de factor bodemverontreiniging wel werd opgenomen in onderzoeken die ook de hedonistische prijsanalyse toepassen, maar dit niet specifiek gericht op de markt van landbouwgronden. Dit bleek wel degelijk het geval te zijn in verschillende onderzoeken waarin de invloed van ondermeer bodemverontreiniging op de prijs van huizen wordt nagegaan (Greenstone and Gallagher 2008); (Ready 2010); (Reichert, Small et al. 1992); (Thayer, Albers et al. 1992); (Kohlhase 1991). In al deze onderzoeken wordt er door middel van een hedonistische prijsanalyse nagegaan of de aanwezigheid van stortplaatsen en opslag- en verwerkingplaatsen van afval een invloed heeft op de prijs die voor een woning verkregen wordt. In de vermelde onderzoeken wordt deze invloed steeds aangetoond. Zeker het vermelden waard in huidige context, is een dergelijk onderzoek dat werd uitgevoerd in zo goed als hetzelfde onderzoeksgebied als huidig onderzoek (Clauw 2007). In het onderzoek wordt er met behulp van de hedonistische prijsanalyse nagegaan of prijzen van huizen invloed ondervinden van de aanwezigheid van cadmiumverontreiniging. Het onderzoek, weliswaar op huizen gericht, toont aan dat verkoopprijzen wel degelijk significant beïnvloed worden door de aanwezigheid van risico-inrichtingen in de buurt. Naarmate huizen

verder gelegen zijn van deze risico-inrichtingen, neemt de negatieve invloed ervan op de prijs van huizen af. In huidige masterproef zal nagegaan worden of dit ook voor prijzen van landbouwgrond het geval is.

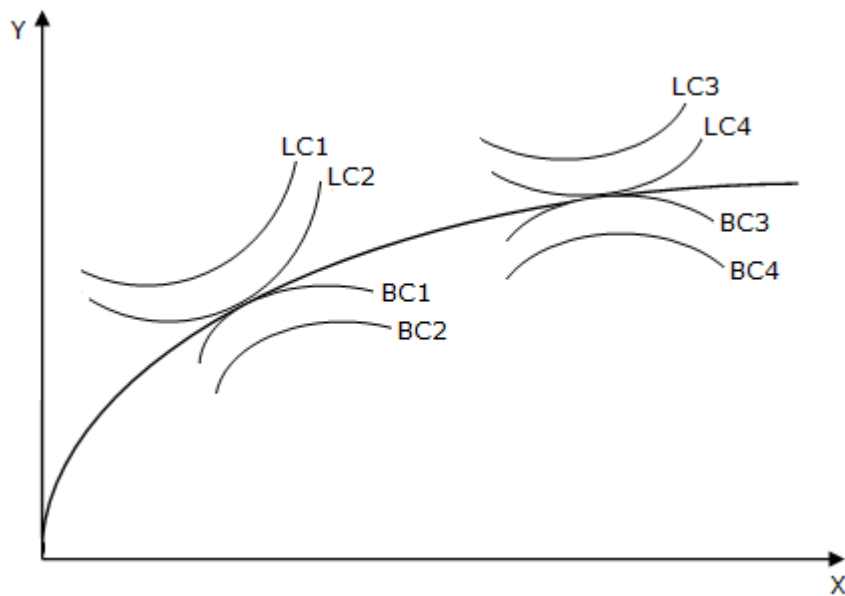
5.3.3 Hedonistische prijsanalyse in twee stappen

Bij het uitvoeren van een hedonistische prijsanalyse in twee stappen, wordt er in de eerste fase begonnen met het schatten van de gewone hedonistische prijsvergelijking. Een voorbeeld van dergelijke vergelijking wordt hieronder als vergelijking (1) weergegeven. In deze vergelijking worden N aantal kenmerken opgenomen als verklarende variabelen.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \mu \quad (1)$$

In een hedonistisch prijsmodel wordt meestal aangenomen dat, wanneer er geen vaste kosten zijn en er een veelheid aan consumenten, producenten en producten op de markt aanwezig is, alle consumenten en producenten zich in een zogenaamde evenwichtspositie bevinden. Dit evenwicht wordt gekenmerkt door consumenten en producenten die respectievelijk hun nut en hun winst willen maximaliseren, zonder dat iemand daarbij de behoefte heeft om zijn of haar keuze te veranderen. Prijzen passen zich in het model aan zodat de marginale consument en de marginale producent indifferent zijn in het evenwicht. Daardoor is elk punt op de hedonistische prijsfunctie een consument/producent indifferentiepunt. Interacties tussen consumenten en producenten op de markt zorgen ervoor dat dit evenwichtspunt ontstaat, dat er op zijn beurt voor zorgt dat er een impliciete hedonistische prijsfunctie ontstaat waarop de markt in evenwicht is. Doordat de marginale bied- en laatcurves van respectievelijk de consument en de producent in dit evenwichtspunt raken aan de hedonistische prijsvergelijking, kan de hellingsgraad van de hedonistische prijsfunctie met betrekking tot een bepaald kenmerk, ofwel $\partial Y / \partial X_i$, gezien worden als de MWTP van een marginale consument voor dat bepaald kenmerk (of de MCTP van een marginale producent) (Wong 2010). De afleiding $\partial Y / \partial X_i$ wordt ook wel de impliciete prijs of schaduwprijs genoemd (impliciet omdat ze onrechtstreeks afgeleid worden van de prijs die personen betalen voor landbouwgrond als een geheel) (Gundimeda (z.d.)). In figuur 12 wordt voorgaande redenering grafisch weergegeven. Op deze figuur stelt Y de prijs voor, terwijl X_i een bepaald kenmerk weergeeft. De hedonistische prijsfunctie wordt gecreëerd door het samenvallen van de marginale bied- en laatcurves van respectievelijk de consumenten en de producenten. De marginale biedcurves van de consumenten worden weergegeven door BC1, BC2, BC3 en BC4. Deze curves hangen af van de hoeveelheid X_i , het inkomen en het nut van een bepaalde consument. De marginale laatcurves van de producenten worden weergegeven door LC1, LC2, LC3 en LC4. Deze curves hangen af van een bepaalde hoeveelheid X_i en de winst van een bepaalde producent. Wanneer de curves van de consumenten zich naar onderen bewegen, neemt het nut voor de consument toe. Wanneer de curves van de producenten zich naar boven bewegen, neemt de winst voor de producent toe. Een evenwicht ontstaat wanneer de curves van de consumenten en de curves van de producenten elkaar raken. Op dat punt zijn zowel de consumenten als de

producenten indifferent. Zo kan ook de hedonistische prijsfunctie afgeleid worden, waarop de markt in evenwicht is (Wong 2010); (Taylor 2008).



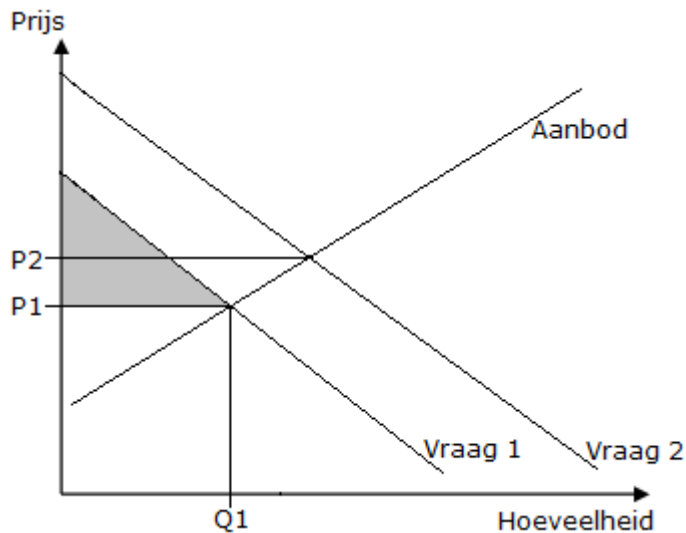
Figuur 12: Hedonistisch evenwicht.

Aangezien de marginale biedcurves van alle consumenten bij een evenwicht op de markt raken aan de hedonistische prijsfunctie en alle consumenten daardoor indifferent en marginaal zijn, komt de gemiddelde MWTP van een marginale consument overeen met de gemiddelde MWTP van de populatie. Wanneer ervan uitgegaan wordt dat er, in tegenstelling tot nog toe, geen veelheid aan producten, producenten en consumenten voorkomt, is dit niet zo. Bepaalde marginale biedcurves van consumenten raken dan immers niet aan de hedonistische prijsfunctie. In dat geval kan enkel de gemiddelde MWTP van een marginale consument geschat worden tijdens de eerste fase van de hedonistische prijsmethode. Deze komt dan immers niet overeen met de gemiddelde MWTP van de populatie. Hetzelfde fenomeen doet zich voor wanneer een consument te maken heeft met transactiekosten. De biedcurve van deze consument zal dan immers niet aan de hedonistische prijsfunctie raken (Wong 2010).

Hierboven werd aangetoond dat de gemiddelde MWTP van een marginale consument gelijk is aan de gemiddelde MWTP van de populatie wanneer er een veelheid aan consumenten, producenten en producten aanwezig is op de markt. Wanneer er maar één enkele consument zou zijn, zou de gemiddelde MWTP van een marginale consument overeenkomen met de MWTP van die ene representatieve consument. De rollen van marginale consument en gemiddelde consument vallen dan immers samen (Wong 2010). In de praktijk komt er echter een veelheid aan consumenten voor. Hoewel die consumenten samen vorm geven aan de hedonistische prijsfunctie, is elk van hen een prijsnemer. Ze hebben immers te maken met exogene prijzen aangezien ze kleine spelers zijn op de totale markt. Elk van die consumenten heeft zijn eigen MWTP-functie voor een bepaald kenmerk X_i . Om de MWTP te berekenen van een bepaalde, representatieve consument, dient er

overgegaan te worden tot de tweede fase van de hedonistische prijsmethode. In dat geval is er immers geen sprake meer van het evenwichtspunt waarvan hierboven vertrokken werd. Aan de hand van dit evenwichtspunt kan enkel de gemiddelde MWTP van de marginale consument en van de populatie bepaald worden, niet die van een bepaalde, representatieve consument.

Het uitvoeren van de tweede fase van de hedonistische prijsmethode is echter niet eenvoudig. In deze tweede fase dienen er immers bijkomende regressies uitgevoerd te worden waarvoor data van individuele consumenten en producenten nodig zijn. In huidig onderzoek zou het bijvoorbeeld nodig zijn om structurele vraag- en aanbodparameters voor individuele landbouwgrondkarakteristieken te achterhalen. Daarmee zouden de MWTP-functies van heterogene landbouwers geschat kunnen worden. Hiertoe dienen er regressies opgesteld te worden waarin de impliciete prijzen opgenomen worden als te verklaren variabelen. Exogene factoren die vraag en aanbod kunnen doen verschuiven, worden opgenomen als verklarende variabelen. Voorbeelden van dergelijke exogene factoren zijn het inkomen van een landbouwer en inputkosten (voornamelijk land). Wanneer verondersteld wordt dat het aanbod elastisch is, worden enkel factoren opgenomen die de vraag kunnen doen verschuiven, zoals inkomen en gezinsgrootte (Malpezzi 2002). Aangezien de hoeveelheid van een bepaald kenmerk die de landbouwer wenst te consumeren, meestal wordt opgenomen als verklarende factor, vormt de regressie die uiteindelijk ontstaat eigenlijk een soort van inverse vraagfunctie. Aan de hand van deze inverse vraagfunctie kan nagegaan worden hoeveel een landbouwer (bepaalde, representatieve consument) bereid is te betalen (MWTP) voor een bepaalde hoeveelheid van één of ander kenmerk van een landbouwgrond. Een voorbeeld van dergelijke vraagfunctie wordt weergegeven in figuur 13. In deze figuur wordt tevens het welvaartsvoordeel (consumentensurplus) voor een landbouwer ten gevolge van een bepaalde hoeveelheid Q_1 van één of ander kenmerk weergegeven als de grijze oppervlakte onder de vraagcurve (Gundimeda (z.d.)). De twee vraagfuncties op deze figuur kunnen geïnterpreteerd worden als vraagfuncties naar verschillende landbouwgronden. Vraagfunctie 1 kan bijvoorbeeld de vraag naar landbouwgrond in een verontreinigd gebied voorstellen, terwijl vraagfunctie 2 deze vraag voorstelt in een minder verontreinigd gebied. Rekening houdend met alle andere factoren die een invloed hebben op de prijs van landbouwgrond, hoort er bij landbouwgrond 1 een lagere prijs, P_1 , dan bij landbouwgrond 2, waar de prijs P_2 bedraagt. Het verschil tussen deze twee prijzen kan gezien worden als de MWTP van een bepaalde landbouwer voor het verschil in bodemverontreiniging.



Figuur 13: Vraag- en aanbodmodel met het verschil in prijs bij verschillende landbouwgronden.

Meestal worden er zoveel regressies geschat tijdens de tweede fase als dat er verklarende variabelen of kenmerken zijn bij de eerste fase. Deze functies verschillen per landbouwer doordat landbouwers onderling verschillen met betrekking tot hun individuele karakteristieken. Ook consumeren deze landbouwers een verschillende hoeveelheid productkenmerken (Bishop and Timmins 2011). Dit zorgt ervoor dat de verkregen vraagfuncties en de invloeden van elk van de opgenomen verklarende variabelen op de prijs van landbouwgrond kunnen verschillen van landbouwer tot landbouwer. Het is door deze variatie aan landbouwers dat de vraag in fase 2 geschat kan worden. Het verschil met de eerste fase is het feit dat er bij deze tweede fase gegevens nodig zijn op individueel niveau die vraag en aanbod kunnen doen verschuiven. Deze gegevens liggen echter niet altijd voor het oprapen. De vergelijkingen die opgesteld worden in fase 2 zijn dan ook moeilijk te schatten doordat er twee problemen opduiken: een identificatie- en endogeniteitsprobleem. Beide problemen, en bijhorende oplossingen, worden hieronder verder besproken.

5.3.3.1 Problemen bij het uitvoeren van de tweede fase

Het **identificatieprobleem** bestaat erin dat data van één enkele markt onvoldoende zijn om inverse vraagfuncties te schatten, zoals in de tweede fase gebeurt. Daarvoor moeten er immers data van meerdere markten verzameld worden. Deze data dienen karakteristieken en percepties van landbouwers en kenmerken van hun landbouwgronden te bevatten. Ook instrumentele variabelen voor endogene karakteristieken zouden achterhaald moeten worden (Kuminoff and Pope 2010). Het identificatieprobleem bestaat er verder in dat vraag en aanbod niet altijd even eenvoudig van elkaar te onderscheiden zijn wanneer er enkel data in verband met hun interactie beschikbaar zijn (Malpezzi 2002). Het oplossen van deze identificatieproblemen is minder vanzelfsprekend. Het is immers een bijna onmogelijke opdracht om individuele kenmerken en percepties van landbouwers te achterhalen aangezien deze gegevens zeer confidentieel zijn. Het is daarom dat er in de literatuur zeer weinig hedonistische prijsanalyses terug te vinden zijn waarin

ook de tweede fase wordt uitgevoerd. Zonder individuele informatie op het niveau van de landbouwer, is het immers onmogelijk om informatie met betrekking tot hun preferenties te genereren (Palmquist and Israngkura 1999). De meeste studies hebben dan ook enkel de bedoeling om de impliciete prijzen of de gemiddelde MWTP van een marginale consument of populatie voor bepaalde kenmerken te achterhalen. Enkel de hedonistische prijsvergelijking wordt met andere woorden geschat. Onder bepaalde voorwaarden mag de gemiddelde MWTP van een marginale consument als een bovengrens en aanvaardbare benadering van de lange termijn waarde van de verandering in een bepaald kenmerk geïnterpreteerd worden (Wong 2010). Bovendien kunnen de impliciete prijzen onder bepaalde voorwaarden beschouwd worden als schattingen van welvaartsvoordelen. Deze voorwaarden worden verderop uitvoerig besproken.

Het tweede probleem is het **endogeniteitsprobleem**. In huidig onderzoek wordt uitgegaan van een impliciete landbouwgrondmarkt met heterogene goederen, waarop kopers zowel een hoeveelheid kiezen als een bepaalde invulling van de hedonistische prijsvergelijking. De prijsgradiënt is exogeen voor zowel de aanbieders als de vragers (Taylor 2008). Op de landbouwgrondmarkt bevinden zich een aantal heterogene landbouwgronden waarvan de eigenschappen slechts tegen een bepaalde kost gewijzigd kunnen worden. Enkel in het geval dat er op miraculeuze wijze een ogenblikkelijke en kostenloze wijziging aangebracht zou kunnen worden aan de bundel van eigenschappen, zou de prijsstructuur lineair zijn. De prijzen van alle eigenschappen zouden dan simpelweg bij elkaar opgeteld kunnen worden om de finale prijs te bekomen. Het is echter de wijzigingskost die aanleiding geeft tot niet-lineaire structuren. Op de gediifferentieerde landbouwgrondmarkt bevinden zich naast heterogene goederen ook heterogene kopers en verkopers. Elk van de kopers waardeert de bundel van karakteristieken van landbouwgrond op zijn eigen manier (Malpezzi 2002). Daarnaast hebben deze kopers verschillende niveaus van inkomen, waardoor iedere koper zijn eigen biedcurve heeft. Het endogeniteitsprobleem ontstaat doordat de hedonistische prijs van een product systematisch varieert met de hoeveelheid die geconsumeerd wordt, tenzij de hedonistische prijsfunctie lineair is (Bishop and Timmins 2011); (Malpezzi 2002). Aangezien aangenomen wordt dat de hedonistische prijsfunctie niet-lineair is, hangt de werkelijke marginale prijs van een bepaald kenmerk af van de totale hoeveelheid van dat kenmerk die de koper van landbouwgrond wenst te consumeren. De marginale prijs hangt zo af van de vraagcurve van de koper. Dit heeft tot gevolg dat zowel de marginale impliciete prijs als de gekozen hoeveelheid endogeen zijn (Malpezzi 2002); (Diamond Jr and Smith 1985). Daarbij komt nog dat er zeer weinig natuurlijke uitsluitingrestricties bestaan die gebruikt kunnen worden om het endogeniteitsprobleem op te lossen. Vooral de factoren die aan de aanbodkant van de markt verschuivingen kunnen veroorzaken, zijn in deze context niet geldig hoewel ze het typische instrument vormen waarmee een vraagfunctie geschat kan worden (Bishop and Timmins 2011).

Omdat de uitleg omtrent het endogeniteitsprobleem nogal abstract is, wordt er ter verduidelijking een voorbeeld gegeven, toegepast op landbouwgrond. Een landbouwer heeft bepaalde smaken en

voorkeuren. Ongeobserveerde smaken en voorkeuren beïnvloeden zowel de hoeveelheid van een bepaald kenmerk die een landbouwer consumeert als de hedonistische prijs van dat kenmerk indien de hedonistische prijsfunctie niet-lineair is. Dat wil bijvoorbeeld zeggen dat de ene landbouwer liever een grotere oppervlakte aan landbouwgrond heeft dan de andere en dat dit zijn invloed gaat hebben op de prijs die de landbouwer betaalt. Des te groter de oppervlakte is, des te kleiner gaat waarschijnlijk de prijs per are worden die de landbouwer bereid is te betalen. Omwille van het feit dat de smaken en voorkeuren van een landbouwer gecorreleerd zijn met zowel de hoeveelheid van een bepaald kenmerk als de prijs die betaald wordt, zijn de hoeveelheid en de prijs endogeen. Ook het feit dat factoren die aan de aanbodkant van de markt verschuivingen kunnen veroorzaken, niet geldig zijn om vraagfuncties met endogene hoeveelheden te schatten, kan met een voorbeeld aangetoond worden. Voorbeelden van dergelijke factoren zijn kenmerken van verkopers van landbouwgrond. Deze kunnen niet gebruikt worden om een vraagfunctie met endogene hoeveelheden te schatten omdat ongeobserveerde smaken en voorkeuren van landbouwers ook de verkoper bepalen waarvan de landbouwer grond wenst te kopen. Daardoor zijn kenmerken van verkopers gecorreleerd met ongeobserveerde smaken en voorkeuren van landbouwers wanneer er door de hedonistische prijsanalyse een sorteringproces wordt uitgevoerd.

5.3.3.2 Oplossingen

In de wetenschappelijke literatuur worden allerhande oplossingen aangereikt om de identificatieproblemen en het endogeniteitsprobleem te omzeilen. Wanneer deze problemen opgelost zijn, zou er met behulp van een hedonistische prijsanalyse die bestaat uit twee fasen, een uitspraak gedaan kunnen worden over de preferenties van landbouwers en zou de MWTP van individuele landbouwers voor bepaalde kenmerken geschat kunnen worden.

Oplossingen voor het **identificatieprobleem** zijn de zogenaamde 'single market' en 'multiple market' benaderingen. Bij de 'single market' benadering wordt identificatie bekomen door de functionele vorm of het aantal variabelen van een bepaalde regressie aan te passen opdat de functionele vorm in de tweede fase van de analyse verschillend is van de functionele vorm in de eerste fase. Het aanpassen van de functionele vorm wordt in de praktijk echter zelden gedaan omdat het geweten is dat dit een invloed heeft op de schattingen van de impliciete prijzen. Daarnaast wordt eraan getwijfeld of verschillende functionele vormen nog een betrouwbaar beeld geven van de onderliggende, structurele vergelijkingen. Het laten wegvallen van variabelen wordt in de praktijk niet toegepast omdat het in theorie zeer moeilijk is om te bepalen welke variabelen weggelaten mogen worden en welke niet (Leong and University of South Australia. International Graduate School of 2002); (Clauw 2007). Daarnaast wordt er door sommige auteurs nog aangenomen dat hedonistische modellen in een single market benadering een fundamenteel onbetrouwbaar beeld van de werkelijkheid weergeven. Empirische gevolgtrekking op basis van dit model zou in dat geval dan ook puur arbitraire assumpties met zich meebrengen over de functionele vorm van het model (Ekeland, Heckman et al. 2002). In de wetenschappelijke literatuur is er dan ook een algemene consensus dat empirisch onderzoek tot nog toe niet in staat is geweest

om een situatie te identificeren waarin de assumpties omtrent de identificatie in de tweede stap van de hedonistische prijsmethode correct en geldig zijn (Wong 2010).

Bij de 'multiple market' benadering wordt aangenomen dat, wanneer preferenties, technologie en de verdeling van smaken en productiviteiten dezelfde zijn over verschillende markten en de prijsfuncties dit niet zijn, de variatie in marginale prijzen over verschillende markten (of verschillende periodes op dezelfde markt) toelaat dat preferenties geanalyseerd kunnen worden. De variatie in marginale prijzen laat immers toe dat vraagfuncties geschat kunnen worden. Deze oplossing wordt als meer robust aangeduid dan de single market oplossing, maar brengt op zijn beurt een probleem van inconsistentie met zich mee. Er kan immers niet hypothetisch getest worden of preferenties, technologieën en verdelingen van smaak dezelfde zijn over verschillende markten. Daarnaast is het zo dat, wanneer deze toch dezelfde zouden zijn, de prijsfuncties zelf dit meestal ook zijn (Clauw 2007); (Ekeland, Heckman et al. 2002). Toch kan deze oplossing onder welbepaalde restricties gebruikt worden om preferenties of technologieën te identificeren. Indien deze preferenties en hun verdelingen over verschillende markten heen stabiel zijn, terwijl technologieën verschillen van elkaar omwille van exogene redenen, is de multi market benadering immers eveneens in staat om preferentieparameters te achterhalen (Ekeland, Heckman et al. 2002).

In de wetenschappelijke literatuur wordt vaak beweerd dat hedonistische schattingsproblemen helemaal niet voortkomen uit de interactie tussen vraag en aanbod (Bartik 1988). De reden die de betreffende auteur hiervoor geeft is dat individuele consumenten helemaal geen keuze hebben met betrekking tot de aanbieder waarmee ze een transactie willen uitvoeren. Volgens deze redenering is het dan ook enkel het **endogeniteitsprobleem** dat opgelost dient te worden. Om dit probleem op te lossen, wordt dikwijls aangenomen dat de verschillende individuen die keuzes maken volgens de hedonistische prijsfunctie, varianten van één en dezelfde persoon zijn met weliswaar verschillende karakteristieken. Of dergelijke benadering ook werkelijk een oplossing biedt, hangt af van de kwaliteit van de gekozen, instrumentele variabelen. Deze instrumentele variabelen dienen immers gecorreleerd te zijn met de consumptieniveaus van de opgenomen factoren, maar mogen niet gecorreleerd zijn met de fouttermen. Aangezien geschikte instrumenten kenmerken van landbouwers of socio-economische eigenschappen zoals inkomen en gezinsgrootte zijn, is het daarenboven in de praktijk zeer moeilijk om gegevens omtrent deze instrumenten te verzamelen (Kuminoff and Pope 2010). Daarnaast kiezen onderzoekers soms voor bepaalde instrumenteringsstrategieën of instrumenten die gebaseerd zijn op homogeniteitassumpties die op hun beurt moeilijk te verantwoorden zijn doordat ze niet (of niet goed) in staat zijn om de endogene variabele te voorspellen (Bishop and Timmins 2011); (Leong and University of South Australia. International Graduate School of 2002).

5.3.4 Welvaartsmetingen op basis van de één-staps hedonistische prijsanalyse

Door de aangehaalde problemen is het bijna onmogelijk om in huidig onderzoek tot een hedonistische prijsanalyse over te gaan die bestaat uit twee fases. Daarnaast lijken de aangereikte oplossingen die hierboven besproken werden, in de praktijk nogal moeilijk toepasbaar en/of onbetrouwbaar te zijn. Daarom wordt er overgegaan tot een eenvoudige hedonistische prijsanalyse waarbij de MWTP van een marginale consument voor verschillende kenmerken geschat kan worden en de impliciete prijzen dus berekend worden. Onder bepaalde voorwaarden kan deze MWTP geïnterpreteerd worden als een bovengrens en aanvaardbare benadering van de lange termijn waarde van de verandering in een bepaald kenmerk zonder dat hiertoe overgegaan moet worden tot de tweede fase van de hedonistische prijsanalyse. Dit is het geval bij gelokaliseerde externaliteiten wanneer er geen transactiekosten of verplaatsingskosten zijn (Kanemoto 1988); (Palmquist 1992).

Wanneer een hedonistische prijsanalyse in twee fases wordt uitgevoerd, is het in de tweede fase dat het consumentensurplus wordt berekend. Indien dit surplus bekeken wordt als een compenserend surplus, komt het overeen met de verandering in inkomen die de verandering in bodemkwaliteit zou compenseren. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat de verandering in bodemkwaliteit ook werkelijk wordt doorgevoerd en dat het nutsniveau constant blijft. Wanneer het consumentensurplus bekeken wordt als een equivalent surplus, komt het overeen met de verandering in inkomen die overeenkomt met de vooropgestelde verandering in bodemkwaliteit. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat de verandering in bodemkwaliteit niet werkelijk plaatsvindt. Het surplus komt dan met andere woorden overeen met de hoeveelheid geld die nodig is opdat een consument een hoger nutsniveau kan bereiken, ook al vindt de verandering in bodemkwaliteit niet werkelijk plaats.

Welvaartsmetingen, in de vorm van het meten van het consumentensurplus, gebeuren meestal in de tweede fase van de hedonistische prijsmethode. De welvaart wordt in deze fase gemeten aan de hand van de MWTP-curves van bepaalde, representatieve consumenten. Deze curves worden ook wel de biedcurves van de betreffende consumenten genoemd. De welvaartsvoordelen van een bepaald kenmerk worden geschat als de oppervlakte onder de biedcurves van elk van de verschillende consumenten voor dat betreffende kenmerk. In de praktijk blijkt deze berekening de echte welvaartsvoordelen echter te onderschatten. Dit is een gevolg van het feit dat de MWTP-maatstaf geen rekening houdt met aanpassingen die doorgevoerd kunnen worden door kopers en/of verkopers van landbouwgronden. Deze aanpassingen kunnen de efficiëntie immers verhogen. In dat opzicht biedt de berekening van de welvaartsvoordelen in de tweede fase een ondergrens voor de lange termijn waarde van een verandering in een bepaald kenmerk (Bartik 1988). Een bovengrens wordt op zijn beurt aangereikt door de impliciete prijs (hedonistische prijs) van dat kenmerk die berekend wordt in de eerste fase van de hedonistische prijsanalyse (Kanemoto 1988). De interpretatie van de impliciete prijzen als deze bovengrenzen kan wel enkel plaatsvinden onder de assumptie dat er een perfecte mobiliteit bestaat tussen verschillende gebieden van

landbouwgronden. Dit wil zeggen dat een kosteloze en vrije migratie mogelijk moet zijn tussen verschillende gebieden. Hierdoor wordt immers verzekerd dat prijzen van landbouwgrond de welvaartsvoordelen van lokale externaliteiten weergeven (Kanemoto 1988). Naast het feit dat de impliciete prijzen onder bepaalde omstandigheden beschouwd kunnen worden als bovengrenzen, kunnen ze ook beschouwd worden als schattingen van welvaartsvoordelen indien voldaan wordt aan minstens één van volgende twee voorwaarden: ofwel moeten de veranderingen in bepaalde kenmerken klein zijn, ofwel moeten de veranderingen in de hedonistische prijsvergelijking ten gevolge van een verandering in een bepaald kenmerk klein zijn. De wijziging in eigendoms waarde die met behulp van de hedonistische prijsvergelijking wordt weergegeven, is dan immers ongeveer gelijk met welvaartsvoordelen (Bartik 1988). De eigendoms waarde die door de vergelijking geschat wordt en de metingen van welvaartsvoordelen zullen volgens dit onderzoek dan ook beide een bovengrens vormen voor echte welvaartsverandering.

In voorgaande redenering werd aangehaald dat de interpretatie van impliciete prijzen als bovengrenzen enkel toegelaten is wanneer prijzen van landbouwgrond de welvaartsvoordelen van lokale externaliteiten weergeven. In deze zin dient nadruk gelegd te worden op 'lokale', omdat dit een zeer belangrijk gegeven is met betrekking tot de hedonistische prijsfunctie die in de eerste fase wordt afgeleid. Het is immers zo dat deze prijsfunctie bij niet-gelokaliseerde externaliteiten kan veranderen wanneer er bepaalde wijzigingen plaatsvinden in beleid en/of interesses. Dit kan op zijn beurt een verschuiving van de impliciete prijzen veroorzaken (Gundimeda (z.d.)); (Palmquist 1992). Deze verschuiving, waar geen rekening mee gehouden wordt bij het berekenen van welvaartsvoordelen, heeft tot gevolg dat het gebruik van de hedonistische prijsvergelijking resulteert in een overschatting van de ware welvaartsvoordelen ten gevolge van de verandering in een bepaald kenmerk. Wanneer echter gekeken wordt naar gelokaliseerde externaliteiten, die enkel een effect hebben op de mensen die in de nabijheid van de externaliteit wonen, blijft de bijhorende hedonistische prijsvergelijking constant (Palmquist 1992). Als voorbeelden van gelokaliseerde externaliteiten worden in de wetenschappelijke literatuur stortplaatsen en verontreinigende fabrieken aangehaald. Hoewel de externaliteiten, voortgebracht door deze bronnen, een significant effect kunnen hebben op gronden in de directe omgeving, zullen verderaf gelegen, vergelijkbare gronden niet aangetast worden. Onder zulke voorwaarden blijft de hedonistische prijsvergelijking in evenwicht onveranderd (Raymond B 1992). Dit heeft tot gevolg dat schattingen in verband met de bovengrens van de lange termijn waarde van de verandering in een bepaald kenmerk en welvaartsmetingen uitgevoerd kunnen worden zonder dat daarbij overgegaan moet worden tot de tweede fase van een hedonistische prijsanalyse.

Uit voorgaande bespreking blijkt dat het uitvoeren van de tweede fase van een hedonistische prijsanalyse nogal wat problemen met zich meebrengt en dat de benodigde gegevens voor deze fase zeker niet gemakkelijk te verkrijgen zijn. Daarom zal er in huidig onderzoek enkel overgegaan worden tot het uitvoeren van de eerste fase van de hedonistische prijsanalyse. De hedonistische prijsvergelijking die in deze fase geschat wordt, levert onder bepaalde voorwaarden nuttige

informatie op. Naast het feit dat de coëfficiënten van de hedonistische prijsvergelijking geïnterpreteerd kunnen worden als impliciete prijzen en MWTP-maatstaven, werd er immers aangetoond dat de hedonistische prijsvergelijking ook gebruikt kan worden om een ex-ante berekening uit te voeren over de bovengrens van de lange termijn waarde van de verandering in een bepaald kenmerk wanneer er geen transactiekosten of verplaatsingskosten zijn (Palmquist 1992); (Kanemoto 1988). De impliciete prijzen kunnen onder bepaalde voorwaarden overigens beschouwd worden als schattingen van welvaartsvoordelen. Het feit dat lokale verontreinigingen zich goed lenen om door de eerste fase van de hedonistische prijsanalyse gewaardeerd te worden, bevestigt de keuze om enkel de eerste fase van de hedonistische prijsanalyse uit te voeren. In huidig onderzoek gaat het immers over verontreinigingen die veroorzaakt werden door fabrieken als puntbronnen. Hierdoor kan er besloten worden dat de hedonistische prijsvergelijking constant is en het gebruik ervan niet resulteert in een overschatting van de ware welvaartsvoordelen. De prijs van landbouwgronden waar de cadmiumverontreiniging wordt teruggedrongen, zal stijgen tot het niveau van vergelijkbare en minder verontreinigde landbouwgronden, terwijl de hedonistische prijsvergelijking ongewijzigd blijft.

5.3.5 Hedonistische prijsvergelijking

In volgende uiteenzetting wordt de hedonistische prijsvergelijking besproken die gebruikt zal worden in huidig onderzoek. In de meeste studies vormt de hedonistische prijsvergelijking gewoon een marktprijsvergelijking die het resultaat is van de interactie tussen vraag en aanbodfactoren van de diverse kenmerken van een bepaalde landbouwgrond. De vraag naar en het aanbod van landbouwgrond kan daarbij beschouwd worden als een vraag en aanbod factormodel met een productiefunctie die ondermeer agrarische opbrengsten inhoudt, met niet-agrarische opbrengsten en met een vraagfunctie naar residentiële plaatsen (Bastian, McLeod et al. 2002). In de lineaire hedonistische prijsvergelijking (2) wordt een afhankelijke variabele Y aan de hand van een aantal onafhankelijke variabelen verklaard. Deze onafhankelijke of verklarende variabelen worden in vergelijking (2) weergegeven door de letter X met daarbij een index i , waarbij i gaat van 1 tot en met N en N het aantal verklarende variabelen voorstelt. Met β_0 wordt de constante term weergegeven en μ is de foutterm. Deze foutterm wordt verondersteld normaal verdeeld te zijn met gemiddelde nul en standaardafwijking σ . In vergelijking (2) is variabele Y een continue variabele. Deze variabele stelt immers de prijs van landbouwgrond voor. De verklarende variabelen kunnen zowel numerieke variabelen als dummyvariabelen zijn. Een voorbeeld van een numerieke, verklarende variabele is de oppervlakte van landbouwgrond, terwijl variabelen waarmee jaartallen en gemeentes worden voorgesteld, dummyvariabelen zijn.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \mu \quad (2)$$

Wanneer er uitgegaan wordt van een lineaire hedonistische prijsvergelijking, geven de coëfficiënten van de verklarende factoren de impliciete prijzen van deze factoren weer. De marginale impact van verklarende variabele X_i op de prijs van landbouwgrond, Y , wordt in vergelijking (2) dan

weergegeven door β_i (Bastian, McLeod et al. 2002); (Alberini (z.d.)). Wanneer de hedonistische prijsvergelijking niet lineair is, dient deze afgeleid te worden naar één van de opgenomen verklarende variabelen. De geschatte functie kan zo gebruikt worden om de specifieke marginale hedonistische prijs of impliciete prijs van een bepaald kenmerk te bepalen. Deze impliciete prijs kan voor een specifiek kenmerk i in symbolen voorgesteld worden als $\partial Y / \partial X_i$. Zo wordt de impliciete prijsfunctie (hedonistische prijs) verkregen voor die verklarende variabele. Hierdoor kan bijvoorbeeld nagegaan worden hoeveel de prijs van een bepaalde landbouwgrond stijgt wanneer de verontreiniging afneemt met één eenheid, ceteris paribus. Dat de coëfficiënten zo geïnterpreteerd mogen worden, komt door het feit dat mensen landbouwgrond beschouwen als een bundel van kenmerken. Aangezien de markt een heterogene voorraad aan landbouwgronden bevat en mensen aan verschillende combinaties van kenmerken een verschillend nut toekennen, maken personen afwegingen tussen geld en kenmerken van landbouwgrond wanneer er gehandeld wordt in deze gronden. Door deze afwegingen te maken, maken mensen de marginale waarden van kenmerken kenbaar en kunnen de coëfficiënten als dusdanig worden geïnterpreteerd (Taylor 2008); (Alberini (z.d.); (Malpezzi 2002)). Naast deze interpretatie kan de impliciete prijs van een bepaald kenmerk, zoals reeds vermeld werd, onder bepaalde voorwaarden beschouwd worden als de gemiddelde MWTP van een marginale consument, als de gemiddelde MWTP van de populatie, als de bovengrens van de lange termijn waarde van de verandering in dat kenmerk en als de waarde van de welvaartsvoordelen van dat bepaald kenmerk.

Wanneer in vergelijking (2) de symbolen van de variabelen vervangen worden door de namen van de variabelen, wordt vergelijking (3) verkregen. De variabelen die in deze vergelijking worden weergegeven, werden gekozen na een uitgebreide literatuurstudie. Een verantwoording voor het opnemen van elk van deze variabelen wordt gegeven in hoofdstuk 6. In dat hoofdstuk wordt ook uitgelegd wat de namen van de verschillende variabelen precies betekenen. In huidig hoofdstuk is het enkel de bedoeling om de algemene aspecten van de vergelijking te belichten. Een gedetailleerde uitleg geven over iedere variabele is hier dan ook nog niet vereist.

Vergelijking (3) is een zogenaamde meervoudige regressie aangezien er meer dan één verklarende variabele in voorkomt. De uit te voeren regressieanalyse dient dan ook een meervoudige regressieanalyse te zijn. Dit soort van analyse maakt het mogelijk van de relatie tussen een onafhankelijke X en een afhankelijke Y weer te geven (Ampe, De Wulf et al. (z.d.)).

$$\begin{aligned}
 GEINPR_MKW = & \beta_0 + \beta_1 GEM_CD + \beta_2 AFST_FABR + \beta_3 OPPERVLAKT + \beta_4 AFST_CENTR + \beta_5 BEVDR + \beta_6 GRMOB + \\
 & \beta_7 TYP0901 + \beta_8 TYP0102 + \beta_9 TYP0701 + \beta_{10} TYP0100 + \beta_{11} TYP0105 + \beta_{12} TYP1200 + \beta_{13} TYP0600 + \\
 & \beta_{14} TYP0200 + \beta_{15} TYP0910 + \beta_{16} TYP0500 + \beta_{17} TYP0800 + \beta_{18} TYP0702 + \beta_{19} TYP0810 + \beta_{20} TYP1630 + \\
 & \beta_{21} TYP1002 + \beta_{22} TYP0402 + \beta_{23} VOCHT_ZAND + \beta_{24} VOCH_Z_ANT + \beta_{25} VOCH_ZLEEM + \beta_{26} NAT_ZAND + \\
 & \beta_{27} NAT_Z_ANTR + \beta_{28} NAT_ZLEEM + \beta_{29} VEEN + \beta_{30} ANTROPOGEE + \beta_{31} JAAR04 + \beta_{32} JAAR05 + \beta_{33} JAAR06 + \\
 & \beta_{34} JAAR07 + \beta_{35} JAAR08 + \beta_{36} JAAR09 + \beta_{37} JAAR10 + \beta_{38} BALEN + \beta_{39} HECHTEL_EK + \beta_{40} LOMMEL + \beta_{41} MOL + \\
 & \beta_{42} NEERPELT + \beta_{43} OVERPELT + \mu
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

De keuze omtrent de geschikte functionele vorm van vergelijking (3) wordt in de wetenschappelijke literatuur aangeduid als een zeer belangrijke beslissing (Kuminoff, Parmeter et al. 2010). Er wordt dan ook herhaaldelijke keren aangetoond dat niet-lineariteit een typisch kenmerk is van prijsvergelijkingen (Ekeland, Heckman et al. 2002). Semilogaritmische vormen worden in de wetenschappelijke literatuur vaak verkozen boven lineaire vormen, omdat de eerstgenoemde vorm een heel aantal voordelen biedt in vergelijking met de lineaire vorm (Malpezzi 2002). Een dergelijk voordeel doet zich bijvoorbeeld voor bij de verdeling van de prijsgegevens. Doordat de verdeling van deze gegevens in huidig onderzoek nogal rechtsscheef is, is het beter van het logaritme van de prijs als dusdanig in de vergelijking op te nemen. Hierdoor wordt de scheve verdeling immers terug symmetrisch gemaakt, waardoor een betere analyse mogelijk is. De interpretatie van de coëfficiënten van de semilogaritmische functie in de vorm van percentages maakt de besluitvorming eenvoudiger. Met deze bevinding zal rekening gehouden worden bij het bepalen van die functionele vorm die de beste resultaten oplevert en voldoet aan alle voorwaarden die de OLS-methode vooropstelt op gebied van statistische besluitvorming (geen multicollineariteit, normaal verdeelde fouttermen en homoskedasticiteit)⁴. Een uitgebreide bespreking hieromtrent valt terug te vinden in hoofdstuk 7. Het bepalen van de meest geschikte functionele vorm vindt er plaats met behulp van een sensitiviteitsanalyse. Vertrekkende van de algemene vergelijking (3) wordt nagegaan welke gevolgen veranderingen in de functionele vorm en/of wijzigingen in de verzameling van verklarende variabelen met zich meebrengen. Hoewel hierbij gelet wordt op de significantie en de tekens van de coëfficiënten, dient er vooral belang gehecht te worden aan de zonet vermelde voorwaarden die de OLS-methode vooropstelt op gebied van statistische besluitvorming. Welke verschillende stappen er juist doorlopen worden bij het uitvoeren van de sensitiviteitsanalyse en aldus bij het bepalen van de meest geschikte regressie, wordt verder besproken in hoofdstuk 7.

De besproken sensitiviteitsanalyse laat toe van de meest geschikte functionele vorm, bestaande uit de meest geschikte verklarende variabelen, te bepalen. Hoewel de regressie na het uitvoeren van deze sensitiviteitsanalyse zou moeten voldoen aan de voorwaarden die de OLS-methode vooropstelt, moet er nog rekening gehouden worden met een bijkomend probleem in verband met misspecificatie. Het is geweten dat misspecificatie van de hedonistische prijsvergelijking plaatsvindt wanneer er onzorgvuldig wordt omgegaan met het opnemen van de verschillende verklarende variabelen. Dit zou ertoe kunnen leiden dat de hedonistische prijsvergelijking niet in staat is om economische waarden betrouwbaar en juist te schatten. Een punt van aandacht hieromtrent is het voorkomen van zogenaamde 'omitted variable bias' (Kuminoff, Parmeter et al. 2010); (Wilhelmsson 2002). Omitted variable bias doet zich voor wanneer een bepaalde verklarende variabele die gecorreleerd is met één van de opgenomen verklarende variabelen en van invloed is op de afhankelijke variabele, niet opgenomen wordt (Stock and Watson 2007). De aanwezigheid van omitted variable bias zorgt ervoor dat verklarende variabelen gecorreleerd zijn met de

⁴ Deze voorwaarden worden besproken vanaf pagina 71.

foutterm van de hedonistische prijsvergelijking, waardoor er niet meer voldaan wordt aan de voorwaarden die opgelegd worden door de OLS-methode. Dit zorgt ervoor dat de schatters die verkregen worden aan de hand van de OLS-techniek, vertekend zijn. Hoewel er in huidig onderzoek getracht wordt van de omitted variable bias zo goed als mogelijk te elimineren door middel van het toepassen van een meervoudige regressieanalyse, kan er nog aan een bijkomende bron van omitted variable bias gedacht worden: ruimtelijke autocorrelatie. Deze bron van omitted variable bias vormt één van de twee soorten ruimtelijke effecten die in de wetenschappelijke literatuur worden besproken. Deze twee soorten worden hieronder bondig besproken.

In de wetenschappelijke literatuur is sprake van twee soorten ruimtelijke effecten. Het eerste soort is zogenaamde ruimtelijke heterogeniteit. Dit doet zich voor wanneer er een gebrek is aan structurele stabiliteit van verschillende factoren binnen het onderzoeksgebied. Het gevolg hiervan is dat de te schatten hedonistische prijsvergelijking varieert binnen het onderzoeksgebied. Of er van ruimtelijke heterogeniteit gesproken kan worden in huidig onderzoek, wordt nagegaan in hoofdstuk 7. Het tweede soort ruimtelijk effect is zogenaamde ruimtelijke afhankelijkheid of ruimtelijke autocorrelatie. Dit ruimtelijk effect doet zich voor wanneer een observatie op een bepaalde plaats in de ruimte gecorreleerd is met een observatie op een andere plaats in de ruimte. Ruimtelijke autocorrelatie kan verder opgesplitst worden in twee soorten, namelijk ruimtelijke fout afhankelijkheid en ruimtelijke lag afhankelijkheid. Er wordt gesproken van ruimtelijke fout afhankelijkheid wanneer de afhankelijkheid zich voordoet in de fouttermen van de regressie. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn wanneer bepaalde variabelen niet in de regressie opgenomen worden, maar deze variabelen wel ruimtelijk gecorreleerd zijn met de verklarende variabelen binnen de regressie. De foutterm vertoont dan een ruimtelijk patroon, waardoor de covariantiestructuur van de foutterm verstoord wordt. Wanneer er een regressie geschat zou worden waarin geen rekening gehouden wordt met de aanwezigheid van deze ruimtelijke fout afhankelijk, zouden de geschatte coëfficiënten inefficiënt (maar niet vertekend!) zijn. Conclusies op basis van t- en F-testen zouden in dat geval misleidend zijn.

Wanneer ruimtelijke afhankelijkheid zich voordoet in de afhankelijke variabele, kan er gesproken worden van ruimtelijke lag afhankelijkheid. Dit doet zich voor wanneer er ruimtelijke relaties bestaan binnen de cross-sectionele data waarvan gebruik wordt gemaakt in huidig onderzoek. De afhankelijke variabele, in huidig onderzoek de prijs, van een bepaalde locatie zou dan afhankelijk zijn van de afhankelijke variabele van een andere locatie. Dit door factoren die samenhangen met de locatie en de nabijheid van de locaties. Wanneer er een regressie geschat zou worden waarin geen rekening gehouden wordt met de aanwezigheid van deze ruimtelijke lag afhankelijk, zouden de gevolgen groter zijn dan de gevolgen die hierboven bij ruimtelijke fout afhankelijkheid werden aangehaald. De consequenties hiervan zijn immers dezelfde als bij het weglaten van een significante, verklarende variabele. De geschatte coëfficiënten zouden dan niet enkel inefficiënt zijn, maar ook vertekend. Conclusies op basis van t- en F-testen zouden in dat geval zonder meer

misleidend zijn (Patton and McErlean 2003); (Wilhelmsson 2002); (Cotteleer, Stobbe et al. 2011). De twee soorten ruimtelijke autocorrelatie kunnen als volgt voorgesteld worden:

- Ruimtelijke fout afhankelijkheid: $Corr(\mu_i, \mu_j) \neq 0$
- Ruimtelijke lag afhankelijkheid: $Corr(Y_i, Y_j) \neq 0$, waarbij Y_i in huidig onderzoek de prijs van een perceel landbouwgrond voorstelt.

Wanneer er in huidig onderzoek overgegaan zou worden tot het schatten van vergelijking (3), zou er omitted variable bias kunnen opduiken. In het onderzoek worden immers cross-sectionele data gebruikt over verschillende landbouwgronden die op bepaalde aspecten ruimtelijk afhankelijk kunnen zijn van elkaar. Hierdoor kan er ruimtelijke autocorrelatie optreden. In het geval van ruimtelijke lag afhankelijkheid zou de prijs van een bepaalde landbouwgrond invloed ondervinden van de prijs van omliggende percelen. Dit wil met andere woorden zeggen dat een verkoper van landbouwgrond bij het verkopen van zijn grond gaat kijken naar de verkoopprijzen van omliggende percelen die in het verleden verkocht werden. De verkoopprijzen van deze omliggende percelen kunnen zo invloed hebben op de prijs die de landbouwer voor zijn eigen landbouwgrond vraagt en krijgt.

In de wetenschappelijke literatuur wordt aangegeven dat er in traditionele hedonistische prijsanalyses veel te weinig rekening wordt gehouden met dergelijke beïnvloedende kenmerken, hetgeen leidt tot omitted variable bias (Wilhelmsson 2002). Wanneer enkel vergelijking (3) geschat zou worden en er dus geen rekening gehouden zou worden met de aanwezigheid van ruimtelijke autocorrelatie, zouden de resultaten dan ook vertekend kunnen zijn (Patton and McErlean 2003). Daarom moet er nagegaan worden of er sprake is van ruimtelijke autocorrelatie en welke vorm (ruimtelijke fout afhankelijkheid of ruimtelijke lag afhankelijkheid) van ruimtelijke autocorrelatie zich het sterkst manifesteert. De analyse waarin dit zal gebeuren, wordt weergegeven en besproken in hoofdstuk 7. Wanneer in dat hoofdstuk aangetoond kan worden dat een bepaalde vorm van ruimtelijke autocorrelatie significant aanwezig is, zal hierop gepast gereageerd worden door de geschikte factor in de analyse op te nemen. Vergelijking (3) dient dan aangepast te worden opdat er bij het uitvoeren van de regressieanalyse rekening gehouden kan worden met de aanwezigheid van ruimtelijke autocorrelatie. Regressies die toelaten van rekening te houden met ruimtelijke fout afhankelijkheid en ruimtelijke lag afhankelijkheid, worden hieronder respectievelijk weergegeven door vergelijking (4) en (5):

- Ruimtelijke fout afhankelijkheid:

$$GEINPR_MKW = \beta_0 + \beta_1 GEM_CD + \beta_2 AFST_FABR + \beta_3 OPPERVLAKT + \beta_4 AFST_CENTR + \beta_5 BEVDR + \beta_6 GRMOB + \beta_7 TYP0901 + \beta_8 TYP0102 + \beta_9 TYP0701 + \beta_{10} TYP0100 + \beta_{11} TYP0105 + \beta_{12} TYP1200 + \beta_{13} TYP0600 + \beta_{14} TYP0200 + \beta_{15} TYP0910 + \beta_{16} TYP0500 + \beta_{17} TYP0800 + \beta_{18} TYP0702 + \beta_{19} TYP0810 + \beta_{20} TYP1630 + \beta_{21} TYP1002 + \beta_{22} TYP0402 + \beta_{23} VOCHT_ZAND + \beta_{24} VOCH_Z_ANT + \beta_{25} VOCH_ZLEEM + \beta_{26} NAT_ZAND + \beta_{27} NAT_Z_ANTR + \beta_{28} NAT_ZLEEM + \beta_{29} VEEN + \beta_{30} ANTROPOGEE + \beta_{31} JAAR04 +$$

$$\beta_{32}JAAR05 + \beta_{33}JAAR06 + \beta_{34}JAAR07 + \beta_{35}JAAR08 + \beta_{36}JAAR09 + \beta_{37}JAAR10 + \beta_{38}BALEN + \beta_{39}HECHTEL_EK + \beta_{40}LOMMEL + \beta_{41}MOL + \beta_{42}NEERPELT + \beta_{43}OVERPELT + \mu \quad (4)$$

Waarbij: $\mu = \lambda W\mu + \varepsilon$

- Ruimtelijke lag afhankelijkheid:

$$\begin{aligned} GEINPR_MKW = & \beta_0 + \rho WGEINPR_MKW + \beta_1 GEM_CD + \beta_2 AFST_FABR + \beta_3 OPPERVLAKT + \beta_4 AFST_CENTR + \beta_5 BEVDR + \\ & \beta_6 GRMOB + \beta_7 TYP0901 + \beta_8 TYP0102 + \beta_9 TYP0701 + \beta_{10} TYP0100 + \beta_{11} TYP0105 + \beta_{12} TYP1200 + \beta_{13} TYP0600 + \beta_{14} TYP0200 + \beta_{15} TYP0910 + \beta_{16} TYP0500 + \beta_{17} TYP0800 + \beta_{18} TYP0702 + \beta_{19} TYP0810 + \\ & \beta_{20} TYP1630 + \beta_{21} TYP1002 + \beta_{22} TYP0402 + \beta_{23} VOCHT_ZAND + \beta_{24} VOCH_Z_ANT + \beta_{25} VOCH_ZLEEM + \\ & \beta_{26} NAT_ZAND + \beta_{27} NAT_Z_ANTR + \beta_{28} NAT_ZLEEM + \beta_{29} VEEN + \beta_{30} ANTROPOGEE + \beta_{31} JAAR04 + \\ & \beta_{32} JAAR05 + \beta_{33} JAAR06 + \beta_{34} JAAR07 + \beta_{35} JAAR08 + \beta_{36} JAAR09 + \beta_{37} JAAR10 + \beta_{38} BALEN + \\ & \beta_{39} HECHTEL_EK + \beta_{40} LOMMEL + \beta_{41} MOL + \beta_{42} NEERPELT + \beta_{43} OVERPELT + \mu \end{aligned} \quad (5)$$

Het belangrijkste onderscheid tussen vergelijking (3) enerzijds en vergelijkingen (4) en (5) anderzijds, is de respectievelijke aanwezigheid van λW en $\rho WGEINPR_MKW$. De variabele λ stelt hierin de coëfficiënt van de ruimtelijke autoregressieve foutterm voor, terwijl de variabele ρ de coëfficiënt van de ruimtelijke autoregressieve afhankelijke variabele voorstelt. Verder wordt de variabele W in zowel vergelijking (4) als (5) opgenomen. Deze variabele stelt de zogenaamde gewichtenmatrix voor. Deze gewichtenmatrix wordt gebruikt om aan de omliggende percelen van een bepaalde landbouwgrond een gewicht toe te kennen. Omliggende percelen waarvan verwacht wordt dat ze geen invloed hebben op de betreffende landbouwgrond, krijgen het gewicht nul toegewezen, terwijl percelen die wel een invloed kunnen hebben op de betreffende landbouwgrond, het gewicht één krijgen toegewezen. Op die manier worden de omliggende percelen in de te schatten regressie opgenomen er wordt er dus rekening gehouden met ruimtelijke autocorrelatie. De gewichtenmatrix kan op verschillende manieren worden opgesteld. Bij de eerste manier worden er gewichten aan die percelen toegekend die binnen een bepaalde straal rondom de betreffende landbouwgrond gelegen zijn. Percelen die verder van de betreffende landbouwgrond gelegen zijn, krijgen zo logischerwijze geen gewicht toegekend. De gewichten die zo verkregen worden, worden ook wel afstandsgebaseerde gewichten genoemd. Een tweede manier bestaat erin om gewichten toe te kennen aan omliggende landbouwgronden die daadwerkelijk grenzen aan de betreffende landbouwgrond. Enkel die percelen die raken aan de betreffende landbouwgrond, krijgen zo een gewicht toegewezen. De gewichten die zo verkregen worden, worden ook wel naburighedsgebaseerde gewichten genoemd. Een derde en laatste manier bestaat erin om gewichten toe te kennen aan een vooraf te specificeren aantal dichtstbijzijnde, naburige landbouwgronden. Zo is het bij een bepaalde landbouwgrond mogelijk om enkel gewichten toe te kennen aan de vijf landbouwgronden die het dichtst bij de betreffende landbouwgrond gelegen zijn. De keuze voor de manier die in huidige masterproef zal worden toegepast, wordt uitgebreid besproken en verantwoord in hoofdstuk 7.

Het probleem bij het schatten van vergelijkingen (4) en (5) is dat deze vergelijkingen niet geschat kunnen worden met de gewone OLS-methode (Wilhelmsson 2002); (Patton and McErlean 2003). Bij het toepassen van deze methode zouden de schattingen van λ en ρ immers vertekend en inconsistent zijn. Bij het schatten van λ is dit het geval doordat de covariantiestructuur van de foutterm verstoord is. Bij het schatten van ρ is dit het geval omdat de ruimtelijke autoregressieve afhankelijke variabele, WGEINPR_MKW, gecorreleerd is met de foutterm μ . Hierdoor wordt er niet voldaan aan de voorwaarden voor het toepassen van de OLS-methode, weergegeven vanaf pagina 71. De oplossing voor dit probleem wordt besproken in hoofdstuk 7, waar overgegaan wordt tot het daadwerkelijk schatten van de hedonistische prijsvergelijking met behulp van het programma GeoDa.

5.3.6 Voor- en nadelen van de hedonistische prijsanalyse

Om de bespreking van de hedonistische prijsanalyse af te sluiten, worden in deze paragraaf de voor- en nadelen van de methode opgesomd. Dit laat toe van er rekening mee te houden bij het uitvoeren van de analyse. De voordelen van de hedonistische prijsanalyse zijn:

1. een hedonistische prijsanalyse is betrouwbaar. De analyses zijn immers controleerbaar en herhaalbaar, terwijl de uitkomsten gebaseerd zijn op harde marktdata zoals verkoopprijzen van landbouwgronden;
2. aan de hand van regressies laat de hedonistische prijsanalyse toe dat ook kenmerken waar geen markt voor bestaat, gewaardeerd kunnen worden. De impliciete prijsfuncties kunnen zo voor elk kenmerk afgeleid worden;
3. onder bepaalde voorwaarden kunnen er uitspraken gedaan worden over welvaartsveranderingen;
4. de hedonistische prijsanalyse heeft een gefundeerde opbouw en een verantwoorde uitwerking;
5. de hedonistische prijsanalyse werd al zeer veel gebruikt in verschillende contexten over de hele wereld. Dit heeft tot gevolg dat de toepasbaarheid van de analyse groot is en dat er veel kennis omtrent de analyse beschikbaar is.

Naast voordelen heeft de hedonistische prijsanalyse echter ook enkele nadelen:

1. het grootste nadeel van de hedonistische prijsanalyse is de omvangrijke databehoeft. Voor alle opgenomen variabelen, zowel verklarende als te verklaren, moeten er immers data verzameld worden. Ook moet het geheel aan data voldoende zijn opdat een statistisch significant onderzoek uitgevoerd kan worden. Aangezien enkel de eerste fase van de hedonistische prijsanalyse uitgevoerd wordt, wordt de grotere datavereiste die de tweede fase met zich meebrengt, vermeden (Taylor 2008);
2. de hedonistische prijsanalyse is nogal gevoelig aan de functionele vorm die gekozen wordt;

3. de hedonistische prijsanalyse is nogal gevoelig aan de manier waarop de markt gedefinieerd wordt. Hierboven werd echter aangehaald dat de lokale markt waarvan sprake is in huidig onderzoek, zich goed leent tot het uitvoeren van hedonistische prijsanalyses;
4. econometrische problemen zoals multicollineariteit, heteroskedasticiteit, ruimtelijke autocorrelatie en 'omitted variable bias' kunnen optreden bij het schatten van de regressies (Bastian, McLeod et al. 2002).

5.3.7 Voorwaarden bij het uitvoeren van de prijsanalyse

5.3.7.1 Voorwaarden hedonistische prijsanalyse

Hierboven werden reeds enkele voorwaarden aangehaald waaraan voldaan moet worden bij het uitvoeren van een hedonistische prijsanalyse. Vooral de voorwaarden waaraan voldaan moet worden om welvaartsmetingen te kunnen uitvoeren aan de hand van enkel de eerste fase, werden aangehaald. Ter volledigheid worden deze ook in huidige paragraaf opnieuw kort aangehaald. De voorwaarden worden geïnterpreteerd als assumpties bij het uitvoeren van de uiteindelijke prijsanalyse. Er wordt dus aangenomen dat er aan de verschillende voorwaarden voldaan wordt. Deze voorwaarden zijn de volgende:

1. op de markt van landbouwgronden is er sprake van perfecte mobiliteit tussen verschillende gebieden. Dit wil zeggen dat kosteloze en vrije migratie mogelijk is tussen verschillende streken van landbouwgrond. Er zijn dan geen transactie- en verplaatsingskosten. Deze assumptie zorgt ervoor dat de impliciete prijs van een bepaald kenmerk geïnterpreteerd mag worden als bovengrens van de lange termijn waarde van dat kenmerk;
2. de veranderingen in kenmerken die deel uitmaken van de hedonistische prijsvergelijking zijn klein. Als dit niet het geval is, zijn de veranderingen in de hedonistische prijsvergelijking ten gevolge van een verandering in een bepaald kenmerk klein. Deze assumptie zorgt ervoor dat de impliciete prijs van een bepaald kenmerk geïnterpreteerd mag worden als het welvaartsvoordeel van dat kenmerk;
3. op de markt van landbouwgrond komt een veelheid aan consumenten, producenten en producten voor. Deze assumptie zorgt ervoor dat de gemiddelde MWTP van een marginale consument gelijk is aan de gemiddelde MWTP van de populatie;
4. prijzen op de markt van landbouwgrond passen zich automatisch aan na verandering van één of meerdere van zijn kenmerken. In werkelijkheid is dit niet het geval, vooral in gebieden waar verkopen van vastgoed beperkt zijn;
5. er is sprake van perfecte informatie. Dit wil zeggen dat kopers de karakteristieken of eigenschappen van een bepaalde landbouwgrond weten en in staat zijn om de hedonistische prijsvergelijking in te vullen. Dit zorgt ervoor dat onder andere de cadmiumverontreiniging gereflecteerd wordt in de prijs van landbouwgrond. Of aan deze voorwaarde voldaan wordt, valt te betwijfelen aangezien een bodemattest niet altijd ingevuld dient te zijn (zie hoofdstuk 4);

6. kopers van landbouwgronden kunnen om het even welke combinatie van eigenschappen die ze wensen, ook werkelijk vinden op de markt;
7. de externaliteiten die in huidig onderzoek voorkomen, de cadmiumverontreinigingen, zijn gelokaliseerde externaliteiten. Dit laat toe dat de hedonistische prijsvergelijking constant blijft;
8. de landbouwgrondmarkt op zich kan beschouwd worden als één enkel homogeen gebied en dus als één markt;
9. er wordt uitgegaan van een landbouwgrondmarkt met heterogene goederen. Elke landbouwgrond kan beschreven worden aan de hand van N aantal objectieve karakteristieken of eigenschappen. Landbouwgronden zijn gedifferentieerde producten en kunnen dus allemaal een andere variëteit aan eigenschappen bevatten. Een bepaalde variëteit aan eigenschappen kan voorgesteld worden met behulp van de vector X , die bestaat uit de verschillende karakteristieken van landbouwgrond. De vector X wordt dus als het ware weergegeven door $X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_N)$. Voor elke landbouwgrond kan er een vaste vector van eigenschappen opgesteld worden. Wanneer landbouwgronden verhandeld worden, worden de bijhorende N aantal eigenschappen als één bundel verhandeld;
10. naast het feit dat elke landbouwgrond zijn eigen vector X heeft, wordt er op elke vector van eigenschappen ook een marktprijs geplakt. Het is de productmarkt onder beschouwing die een hedonistische prijsvergelijking doet ontstaan waarin de prijs gerelateerd wordt aan een vaste vector X . Deze prijs kan weergegeven worden aan de hand van $P(X)$, de prijs die voor een vaste vector X betaald wordt. $P(X_i)$ herleidt de landbouwgrondprijs tot een functie van één enkele eigenschap. Het is zo dat in huidig onderzoek de invloed van elk van de aparte eigenschappen op de prijs van landbouwgrond nagegaan kan worden;
11. op de landbouwgrondmarkt zijn heterogene kopers en verkopers aanwezig zijn. Het is deze heterogeniteit (en die beschreven in punt 9) die ervoor zorgt dat er een hedonistische prijsvergelijking opgesteld kan worden;
12. er wordt uitgegaan van een competitieve markt. Dit wil zeggen dat zowel consumenten als producenten de prijs $P(X)$ van een bepaalde landbouwgrond als gegeven beschouwen. Het competitieve evenwicht bevat een evenwichtsprijs, $P(X)$, die exogeen is voor consumenten en producenten. Zowel kopende als verkopende landbouwers (of eventueel gemeentes, bedrijven, enzovoort) zijn dus prijsnemers (Taylor 2008). Kopers van landbouwgrond zijn wel in staat om de hedonistische prijsvergelijking zo in te delen, dat de totale prijs $P(X)$ overeenstemt met de prijs die ze wensen te betalen. Doordat een landbouwer zijn vereisten op gebied van karakteristieken of eigenschappen kan aanpassen, kan hij zoeken naar een landbouwgrond die ook op gebied van prijs voor hem in aanmerking komt. Dit laatste werd hierboven reeds besproken en gaf aanleiding tot het endogeniteitsprobleem. Hoewel het zowel de beslissingen en acties op zowel de vraag- als aanbodkant van de markt zijn die de hedonistische prijsvergelijking vormgeven, heeft iedere individuele speler

op de markt te maken met een exogeen prijsschema. Het is immers zo dat een individuele speler een kleine speler is in verhouding tot de totale grootte van de markt;

13. er wordt in huidig onderzoek uitgegaan van niet-lineaire hedonistische prijsvergelijkingen. Dat deze niet-lineair zijn, komt door het feit dat de budgetbeperkingen van landbouwers niet-lineair zijn. Normale landbouwers zijn niet in staat om de samenstelling van de bundel kenmerken van een bepaalde landbouwgrond te veranderen. Een landbouwer kan zijn grond niet opsplitsen in de verschillende karakteristieken waaruit de grond bestaat;
14. aangezien de hedonistische prijsanalyse enkel die waarden kan meten die gebonden zijn aan een bepaalde locatie, wordt er aangenomen dat dit voor alle variabelen in huidig onderzoek ook werkelijk het geval is. Deze assumptie valt te verantwoorden door het feit dat bodemverontreiniging voorkomt op gronden met een vaste locatie. Alle andere relevante variabelen worden aan die vaste locatie toegewezen aan de hand van coördinaten. In dat opzicht zal de assumptie de verdere analyse dus niet hinderen.

5.3.7.2 Voorwaarden OLS-regressieanalyse

Naast een aantal voorwaarden waaraan voldaan moet worden vooraleer de hedonistische prijsmethode toegepast mag worden, moet er in huidig onderzoek ook voldaan worden aan een aantal voorwaarden die de OLS-techniek vooropstelt (Stock and Watson 2007). Deze techniek zal immers gebruikt worden bij het econometrisch schatten van de regressie die de hedonistische prijsvergelijking voorstelt⁵. De OLS-voorwaarden zijn de volgende:

1. alle verklarende variabelen die van invloed zijn op de te verklaren variabele, dienen opgenomen te worden in de regressie. Wanneer dit niet het geval is, is er sprake van zogenaamde 'omitted variable bias'. Dit doet zich voor wanneer één of meerdere variabelen die in de regressie opgenomen zouden moeten worden, toch niet worden opgenomen. Dit zorgt er op zijn beurt voor dat de effecten van de variabelen die wel worden opgenomen, vertekend zijn. Het is daarom dat er in huidig onderzoek getracht zal worden om zoveel mogelijk verklarende variabelen op te nemen die van invloed zijn op de te verklaren variabele, de prijs van landbouwgrond. Helemaal kan deze 'omitted variable bias' echter nooit weggewerkt worden;
2. de relatie tussen de afhankelijke variabele en de onafhankelijke of verklarende variabelen is lineair in de parameters;
3. de fouttermen zijn onafhankelijk van elkaar. Er is dan met andere woorden geen sprake van autocorrelatie. Autocorrelatie komt voor in twee soorten, namelijk seriële autocorrelatie en ruimtelijke autocorrelatie. Seriële autocorrelatie komt voor wanneer opeenvolgende waarnemingen onderling gecorreleerd zijn. Bij het schatten van een regressie aan de hand van OLS is het vooral deze seriële correlatie die vermeden dient te

⁵ Wanneer er ruimtelijke effecten aanwezig zijn, is OLS niet langer de methode die gebruikt zal worden om de regressie te schatten. De OLS methode wordt enkel gebruikt om de standaardregressie, zonder ruimtelijke factoren, te schatten. Omdat er echter met het schatten van een regressie zonder ruimtelijke effecten begonnen wordt, is het belangrijk dat er aan de OLS voorwaarden voldaan wordt.

worden. Aangezien er in huidige masterproef gebruik gemaakt wordt van cross-sectionele data in plaats van paneldata, kan er verondersteld worden dat de mate van seriële autocorrelatie beperkt zal zijn. Seriële autocorrelatie is immers een typisch probleem wanneer er gewerkt wordt met tijdreeksen. De kans dat ruimtelijke autocorrelatie, hierboven reeds uitvoerig besproken, opduikt in huidig onderzoek is groter. Wanneer dit soort van correlatie aanwezig is, is OLS niet langer toepasbaar. In dat geval dient overgeschakeld te worden op de ML-methode;

4. de fouttermen van de te schatten regressie dienen normaal verdeeld te zijn met een gemiddelde van nul. Wanneer dit niet het geval is, is de schatting van de constante term, β_0 , vertekend;
5. de fouttermen van de te schatten regressie dienen een constante variantie te hebben. Dit wordt ook wel homoskedasticiteit genoemd. In het geval dat de fouttermen geen constante variantie hebben, is er sprake van heteroskedasticiteit. De aanwezigheid van heteroskedasticiteit is vooral bij het gebruik van cross-sectionele data van belang. Aangezien het dit soort van data is dat gebruikt wordt in huidig onderzoek, is het dus belangrijk dat er testen worden uitgevoerd om na te gaan of er heteroskedasticiteit aanwezig is. Hoewel de OLS-schatters bij aanwezigheid van heteroskedasticiteit onvertekend, consistent en asymptotisch normaal verdeeld blijven, zijn de schatters niet langer de best mogelijke. Daar komt nog bij dat de standaardfouten in het geval van heteroskedasticiteit niet langer correct berekend worden, waardoor resultaten op basis van OLS misleidend zijn;
6. de verklarende variabelen mogen onderling niet te sterk gecorreleerd zijn. Dit is het probleem van multicollineariteit. Mogelijke gevolgen van deze multicollineariteit zijn het arbitrair worden van het effect op de afhankelijke variabele en het feit dat bepaalde variabelen niet in de regressie worden opgenomen terwijl ze toch sterk gecorreleerd zijn met de afhankelijke variabelen.

Aangezien de OLS-methode in huidig onderzoek wordt toegepast om de regressie zonder ruimtelijke effecten te schatten, is het belangrijk dat er voldaan wordt aan de zes voorwaarden die hierboven worden aangehaald. Er kan reeds verondersteld worden dat er voldaan wordt aan de eerste twee voorwaarden. In hoofdstuk 7, waar de eigenlijke hedonistische prijsvergelijking geschat en besproken wordt, zal dan ook vooral aandacht besteed worden aan de vier laatste voorwaarden. Het doel is om uiteindelijk een regressie te verkrijgen die voldoet aan alle voorwaarden die door de OLS-methode vooropgesteld worden. Op welke manier hieraan voldaan wordt, wordt weergegeven in hoofdstuk 7.

Hoofdstuk 6: Bespreking van de variabelen

Vooraleer er met de analyse zelf begonnen kan worden, dient er een uitgebreide dataverzameling te gebeuren. Welke data er juist verzameld dienen te worden, hangt af van welke factoren er een invloed hebben op de prijs van landbouwgrond. Bij de voorwaarden voor het uitvoeren van een regressieanalyse werd reeds aangehaald dat eigenlijk alle variabelen die een invloed hebben, wel degelijk opgenomen dienen te worden in de regressie. In de praktijk is dit echter niet haalbaar. In het huidige hoofdstuk worden enkel die variabelen weergegeven waarvan verwacht wordt dat ze in huidig onderzoeksgebied een invloed hebben op de prijs van landbouwgrond. Het identificeren van deze variabelen vond plaats door middel van het uitvoeren van een verkennende literatuurstudie. Figuur 11, weergegeven op pagina 50, vormde hierbij een belangrijk hulpmiddel. Aan de hand van dit model kon er immers een beeld gevormd worden over die variabelen die normalerwijze van invloed zijn op de prijs van verontreinigde landbouwgrond. Voor iedere verklarende variabele wordt in huidig hoofdstuk een overzicht gegeven van wetenschappelijke onderzoeken waarbij deze variabele in de analyse betrokken werd en er wordt aangegeven of er in de betreffende onderzoeken ook wel degelijk een invloed van die verklarende variabele op de prijs vastgesteld werd. In het volgende hoofdstuk wordt ingegaan op de manier waarop de benodigde data verzameld werden. Ook de hedonistische prijsvergelijking wordt in dat hoofdstuk uitvoerig besproken en geanalyseerd.

6.1 Geïnflateerde prijs

Het spreekt voor zich dat de prijs van een bepaalde landbouwgrond wordt opgenomen in de analyse. Deze prijs vormt immers de afhankelijke variabele, of de variabele die afhangt van alle variabelen die verderop besproken zullen worden. De keuze voor de prijs van landbouwgrond als afhankelijke variabele wordt ondersteund door de wetenschappelijke literatuur waarin vermeld wordt dat verkoopprijzen (prijzen van geobserveerde transacties) duidelijke voordelen bieden als afhankelijke variabelen. Deze prijzen vertonen immers minder potentiële vertekening en een grotere precisie dan beoordelingen van landbouwers in verband met de waarde van hun landbouwgrond (Malpezzi 2002). Er wordt voor gekozen om de prijs per m² in plaats van de totale perceelsprijs als de afhankelijke variabele op te nemen, omdat er hierdoor een vergelijkingsbasis ontstaat aan de hand waarvan prijzen van verschillende percelen met elkaar vergeleken kunnen worden. De uitdrukking in euro per m² laat toe van na te gaan of kleine percelen relatief duurder zijn dan grotere percelen. Dit wordt immers een eerste keer duidelijk bij het bekijken van de geaggregeerde gegevens die via Stadim⁶ bekomen werden (zie tabel 6). Uit deze tabel valt af te leiden dat de gemiddelde verkoopprijs per m² van kleine percelen (0-1.500 m²) beduidend hoger ligt dan de gemiddelde verkoopprijs per m² van grotere percelen (1.500-5.000 m², 5.000-10.000 m² en >10.000 m²). Enkel in de gemeente Lommel is dat niet zo. De gemiddelde prijzen per m² van kleine percelen liggen vaak hoger omdat deze percelen vaak van strategisch belang zijn. Dit is

⁶ Stadim is een bureau dat zich richt op studies, schattingen en advies omtrent vastgoed.

het geval wanneer het perceel vlakbij de woning van de landbouwer gelegen is of wanneer het perceel een aansluiting vormt tussen twee grotere percelen. Deze percelen hebben dan een soort van extra 'gelegenheidswaarde'.⁷ De gemiddelde verkoopprijzen per m² die in tabel 6 worden weergegeven, werden berekend op basis van de verkopen die in de betreffende gemeentes plaatsvonden in de periode 2002 tot en met 2004.

Tabel 6: Gemiddelde verkoopprijs van landbouwgrond in euro/m² na eliminatie van de 25% goedkoopste verkopen en de 25% duurste verkopen (periode 2002-2004). Bron: Stadim.

Gemeente\Oppervlakte	0 – 1.500 m²	1.500- 5.000 m²	5.000- 10.000 m²	>10.000 m²
Balen	2,78	1,38	1,22	1,30
Hamont-Achel	5,59	1,95	2,05	2,21
Hechtel-Eksel	2,70	1,90	1,12	1,54
Lommel	1,23	1,93	1,80	1,70
Mol	2,97	1,79	1,41	1,62
Neerpelt	3,16	2,30	1,98	2,04
Overpelt	6,05	2,53	2,05	2,40

Ook uit tabel 7, gebaseerd op de periode 2005-2007, valt af te leiden dat de gemiddelde verkoopprijs per m² van kleine percelen beduidend hoger is dan de gemiddelde verkoopprijs per m² van grotere percelen. Met de cijfers in deze tabel moet echter voorzichtig omgesprongen worden. Vanaf 2005 is Stadim immers een nieuwe databank van gegevens gaan gebruiken. Deze nieuwe databank bevat ook prijzen van bouwland en moestuinen, die ervoor zorgen dat de gemiddelde prijzen per m² een positieve invloed ondervinden. Daarbij komt nog het feit dat sommige landbouwgronden als bouwland gecategoriseerd worden of omgekeerd. Gezien de bekomen prijsstructuur (hoge prijzen per m² die onmogelijk betaald kunnen zijn voor landbouwgronden die nog steeds een bestemming landbouwgrond hebben), heeft Stadim daarom beslist van enkel die verkopen in rekening te brengen die een prijs per m² hebben die lager ligt dan de eerste kwartielprijs voor bouwgronden (in dezelfde periode en hetzelfde betrokken arrondissement).⁸ Zelfs na die aanpassing bleken de getallen echter nog onrealistisch te zijn. Dit wordt duidelijk wanneer de oppervlaktecategorieën met elkaar vergeleken worden over de verschillende periodes heen. De getallen uit tabel 7 op gebied van de categorieën 0-1.500 m² en 1.500-5.000 m² zijn dan ook te onrealistisch om rekening mee te houden. Het is daarom aangewezen om bij een vergelijking tussen de twee periodes (tabel 6 en tabel 7) enkel te refereren naar de percelen die groter zijn dan 5.000 m². Op Overpelt na, lijken de gemiddelde prijzen per m²

⁷ Deze mogelijke verklaringen werden aangereikt door notarissen, gevestigd in het onderzoeksgebied.

⁸ Arrondissement Turnhout: percelen tot 5.000 m² 94,46 €/m² en boven 5.000 m² 11,71€/m².
Arrondissement Maaseik: percelen tot 5.000 m² 82,06 €/m² en boven 5.000 m² 10,47€/m².

voor deze categorieën toe te nemen in de tijd. De oorspronkelijke dataset op basis waarvan tabellen 6 en 7 werden opgesteld, wordt weergegeven in bijlage 1.

Tabel 7: Gemiddelde verkoopprijs van landbouwgrond in euro/m² na eliminatie van de 25% goedkoopste verkopen en de 25% duurste verkopen (periode 2005-2007). Bron: Stadim.

Gemeente\Oppervlakte	0 – 1.500 m²	1.500- 5.000 m²	5.000- 10.000 m²	>10.000 m²
Balen	32,36	7,12	1,43	1,28
Hamont-Achel	74,37	8,87	2,90	2,33
Hechtel-Eksel	37,30	18,67	1,44	1,47
Lommel	56,63	5,91	2,04	1,87
Mol	42,99	5,35	1,74	1,95
Neerpelt	11,46	2,41	2,28	2,22
Overpelt	27,13	7,57	1,86	1,65

De keuze om de prijs uit te drukken in een standaardeenheid en zo een vergelijkingsbasis te creëren, wordt ook in de wetenschappelijke literatuur dikwijls gemaakt (Bastian, McLeod et al. 2002); (Bockstael 1996). Dit bevestigt de keuze om de prijs in euro per m² op te nemen als de te verklaren variabele. Om na te kunnen gaan of de prijzen per m² verschillen doorheen de tijd, worden er in de regressie dummyvariabelen opgenomen waarmee verschillende jaartallen worden voorgesteld. Deze dummyvariabelen worden verder besproken in paragraaf 6.10 van huidig hoofdstuk. Aangezien het de bedoeling is in huidige masterproef om na te gaan of er een verschil in prijs doorheen de jaren waar te nemen valt, bovenop het inflatie-effect, is het belangrijk dat de prijsgegevens naar een bepaald jaar gedeplateerd worden. Dit gebeurt in huidig onderzoek aan de hand van de CPI. Alle prijsgegevens werden aan de hand van deze index gedeplateerd en in prijzen van 2011 uitgedrukt. Er wordt in huidige analyse dus met andere woorden met reële prijzen gewerkt. De afhankelijke variabele van de regressies die verderop geschat zullen worden, is dan ook de geïnflateerde prijs per m².

6.2 Cadmiumconcentratie

Gelet op het onderwerp van huidige masterproef is het logisch dat de cadmiumverontreiniging opgenomen wordt in de analyse. In de wetenschappelijke literatuur werden twee manieren teruggevonden waarop dit kan gebeuren. Bij de eerste manier wordt de afstand tot de verontreinigingsbron als verklarende variabele opgenomen als maatstaf voor de verontreiniging (Greenstone and Gallagher 2008); (Ready 2010); (Reichert, Small et al. 1992); (Thayer, Albers et al. 1992); (Kohlhase 1991). Een tweede manier om de verontreiniging in de analyse op te nemen, is aan de hand van een variabele die de bodemconcentratie aan cadmium weergeeft. Hoewel deze tweede manier een voor de hand liggende manier lijkt te zijn, blijkt deze in de praktijk gewoonweg niet toegepast te worden in de context van landbouwgronden. Een mogelijke reden hiervoor is het

feit dat er niet altijd betrouwbare en/of voldoende metingen beschikbaar zijn op basis waarvan voorspellingen gemaakt kunnen worden voor het hele onderzoeksgebied. In huidig onderzoek is dat wel het geval. Er kan immers beroep gedaan worden op een database van 11.885 steekproefmetingen die uitgevoerd werden in het onderzoeksgebied. Door gebruik te maken van een geostatistische tool van het programma ArcGIS, die de 'ordinary kriging interpolation method'⁹ toepast, is het mogelijk om aan de hand van deze uitgevoerde steekproefmetingen de aanwezige cadmiumconcentratie in het gehele onderzoeksgebied te voorspellen (Schreurs, Voets et al. 2011). Daardoor kan de concentratie aan cadmium wel degelijk opgenomen worden als verklarende variabele. Hierbij moet natuurlijk wel benadrukt worden dat het om geschatte concentraties gaat en niet om werkelijke concentraties. Hiermee dient dan ook rekening gehouden te worden bij het analyseren van de resultaten. De aanwezige cadmiumconcentratie als maatstaf voor verontreiniging wordt in de wetenschappelijke literatuur aangeduid als een objectieve risicomaatstaf (Clauw 2007). Dit omdat de concentratie aan verontreiniging samenhangt met potentiële gezondheidsproblemen. Landbouwers in wiens grond een hogere cadmiumconcentratie teruggevonden wordt, zouden de potentiële gezondheidsrisico's ten gevolge van de aanwezigheid van cadmium immers als ernstig kunnen beschouwen. Door de cadmiumconcentratie op te nemen, wordt daarenboven rekening gehouden met de invloed van de windrichting op de verspreiding van de concentratie. Het is namelijk zo dat de wind in de Kempen voornamelijk uit het Westen komt, waardoor de verontreiniging zich vooral in oostelijke richting verspreidt. Op figuur 11 pagina 50 kan cadmiumconcentratie als variabele ondergebracht worden in de categorie van eigendomskenmerken.

In een onderzoek dat werd uitgevoerd in 2007, in hetzelfde onderzoeksgebied als huidige masterproef, worden zowel de afstand tot de verontreinigingbron als de cadmiumconcentratie in de bodem opgenomen als verklarende variabelen (Clauw 2007). Enkel de variabele waarmee de afstand tot de verontreinigingbron wordt voorgesteld, blijkt echter een statistisch significant effect te hebben op de prijs van residentieel vastgoed. Van de variabele die de bodemconcentratie aan cadmium weergeeft en dus een objectieve graad van verontreiniging voorstelt, blijkt het effect op prijzen van huizen statistisch niet significant te zijn. In het prijsvormingsproces van huizen blijkt dus vooral het subjectieve risico een rol te spelen. Dit soort van risico wordt in de volgende paragraaf besproken. Rekening houdend met de resultaten van dit onderzoek werd er besloten van in huidige masterproef ook de afstand tot de dichtstbijzijnde verontreinigingbron als maatstaf voor verontreiniging op te nemen. Deze variabele wordt in volgende paragraaf verder uitgelegd. De concentratie cadmium wordt uitgedrukt in mg kg^{-1} bodem. Deze keuze wordt verantwoord doordat het deze eenheid is die gebruikt wordt in kaarten en tabellen die in huidig onderzoek reeds ter sprake kwamen. Bovendien is het zo dat ook de steekproefmetingen in deze eenheid worden uitgedrukt.

⁹ Manier waarmee op basis van geobserveerde data op bekende locaties, ongeobserveerde data voorspeld kunnen worden.

6.3 Afstand tot verontreinigingbron

Zoals hierboven werd aangegeven, is de afstand tot de dichtstbijzijnde verontreinigingbron een tweede maatstaf waarmee de verontreiniging in de analyse opgenomen kan worden. Deze manier houdt, in tegenstelling tot de zonet besproken manier, geen rekening met de windrichting waarin de verontreiniging zich verspreidt. De manier heeft evenwel het voordeel dat er een soort van subjectieve risicomaatstaf ontstaat waardoor de sociale gevolgen van de verontreiniging in kaart gebracht kunnen worden. De afstand tot de verontreinigingbron kan dan ook gezien worden als een maatstaf voor het subjectief gezondheidsrisico dat in figuur 11 pagina 50 wordt voorgesteld. Er wordt verwacht dat de verontreiniging meer in de hoofden van die mensen speelt, die dichter bij de fabriek wonen.

In een verkennende literatuurstudie werden er verschillende onderzoeken teruggevonden die de afstand tot een bepaalde verontreinigingbron als verklarende variabele opnemen (Greenstone and Gallagher 2008); (Ready 2010); (Reichert, Small et al. 1992); (Thayer, Albers et al. 1992); (Kohlhase 1991); (Clauw 2007). Deze onderzoeken hebben echter steeds betrekking op prijzen van huizen in plaats van op prijzen van landbouwgronden. Op gebied van landbouwgronden werden dergelijke onderzoeken gewoonweg niet teruggevonden in de wetenschappelijke literatuur. Verontreinigingbronnen waarvan sprake is in voorvermelde onderzoeken, zijn bijvoorbeeld stortplaatsen en verontreinigde sites. In alle onderzoeken komen de auteurs tot de bevinding dat de afstand tot een bepaalde verontreinigingbron wel degelijk in relatie (positieve relatie) staat tot de prijs die betaald wordt voor een bepaald huis. Om na te gaan of dergelijke invloeden ook aanwezig zijn op de markt van landbouwgrond, zal de variabele ook in huidig onderzoek opgenomen worden. Op die manier kan nagegaan worden of de afstand van een bepaalde landbouwgrond tot de dichtstbijzijnde verontreinigingbron in relatie staat tot de prijs die voor het perceel verkregen wordt. Er kan verwacht worden dat het subjectief risico niet zo sterk aanwezig is als bij huizen het geval is, doordat landbouwers niet op hun landbouwgronden wonen. In het huidige onderzoeksgebied bevinden zich drie verontreinigingbronnen die in rekening gebracht worden bij het berekenen van de afstanden. Het gaat meer bepaald om de drie zinkfabrieken die gelegen zijn of gelegen waren in Balen, Overpelt en Lommel. Hoewel de zinkfabriek in deze laatste gemeente reeds begin jaren '70 gesloten werd, wordt de fabriek toch in huidige analyse opgenomen omdat de verontreiniging die deze fabriek in het verleden met zich meebracht, nog niet helemaal verwijderd is. Daardoor zou de fabriek door bepaalde mensen nog steeds als een bedreiging voor hun gezondheid aanschouwd kunnen worden. De afstand tot de verontreinigingbron vormt een continue variabele die uitgedrukt wordt in meter.

6.4 Oppervlakte

Hoewel de cadmiumverontreiniging centraal staat in huidige masterproef, kunnen er nog verschillende andere factoren in huidig onderzoek opgenomen worden waarvan verwacht wordt dat ze een rol spelen bij het tot stand komen van de prijs van landbouwgrond. Het is belangrijk om zoveel mogelijk variabelen in de regressie op te nemen aangezien de mate van omitted variable

bias daarmee binnen de perken gehouden kan worden. Een eerste van deze factoren is mogelijk de oppervlakte van een bepaalde landbouwgrond. Er wordt aangenomen dat grotere landbouwgronden ook een hogere prijs met zich meebrengen. Grotere percelen zijn immers efficiënter voor landbouwdoeleinden en er kunnen meer gewassen op geteeld worden (Cotteleer, Luijt et al. 2007). De prijs per m² ligt volgens cijfers van Stadim bij grotere percelen echter beduidend lager dan bij kleinere percelen (zie tabel 6 en tabel 7 pagina 74 en 75). Ook uit de cijfers die gegenereerd werden op basis van de eigen dataset, kan dit duidelijk afgeleid worden (zie tabel 8 en tabel 9 pagina 89 en 91). Om na te kunnen gaan of dit effect zich ook voordoet in de hedonistische prijsanalyse, worden zowel de prijs als de oppervlakte uitgedrukt in m². In de wetenschappelijke literatuur werden er verschillende onderzoeken teruggevonden waarin de oppervlakte van landbouwgrond als verklarende variabele opgenomen wordt (Bockstael 1996); (Bastian, McLeod et al. 2002); (Xu, Mittelhammer et al. 1993); (Luijt, Kuhlman et al. 2003); (Provost, Menard et al. 2006). In deze onderzoeken wordt, voordat de betreffende analyses worden uitgevoerd, steeds verondersteld dat de prijs per are landbouwgrond afneemt met de grootte van landbouwgrond en dat de coëfficiënt horende bij de oppervlakte in are dus negatief is. Er wordt in deze onderzoeken dan ook aangenomen dat de prijs van een bepaalde landbouwgrond een niet-lineaire functie is van de perceelsgrootte. In de vermelde onderzoeken worden de verwachtingen in verband met de negatieve coëfficiënt van de oppervlakte in are wel degelijk ingelost. Er wordt immers telkens een statistisch significante, negatieve coëfficiënt gevonden (waardoor de cijfers van Stadim en de zelfgegenereerde cijfers bevestigd worden). Of er in huidig onderzoek gesproken kan worden van een significante invloed van de oppervlakte op de prijs per m², zal duidelijk worden bij het schatten van de hedonistische prijsvergelijking in hoofdstuk 7. In deze vergelijking wordt de oppervlakte als numerieke variabele opgenomen en uitgedrukt in m². Op figuur 11 pagina 50, kan de variabele ondergebracht worden in de categorie van eigendomskenmerken.

6.5 Afstand tot het gemeentelijk centrum

Een volgende variabele die mogelijk opgenomen wordt, is de afstand tot het dichtstbijzijnde gemeentelijk centrum. Deze variabele wordt opgenomen aangezien het één van de factoren is die in de wetenschappelijke literatuur aangeduid worden als die factoren die het meeste invloed hebben op de prijs van landbouwgrond (Luijt, Kuhlman et al. 2003); (Bastian, McLeod et al. 2002); (Plantinga and Miller 2001; Plantinga, Lubowski et al. 2002); (Bockstael 1996); (Kennedy, Dai et al. 1996); (Cotteleer, Luijt et al. 2007). Meestal is dit het geval doordat mensen die dichtbij een gemeentelijk centrum een landbouwgrond kopen, verwachten of hopen dat de grond ooit een bestemmingswijziging zal ondergaan. Deze bestemmingswijziging kan erin bestaan dat de grond niet langer als landbouwgrond geclassificeerd wordt, maar als woongebied met landelijk karakter, gewoon woongebied of industriegebied. Omdat dergelijke bestemmingswijziging de prijs van grond in de toekomst zou opdrijven, wordt er al eens meer betaald voor landbouwgrond waarvoor die bestemmingswijziging meer waarschijnlijk is (Korthals Altes and Van Rij 2005); (Luijt, Kuhlman et al. 2003); (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu 2002); (Cotteleer, Luijt et al. 2007). Dit is het geval voor landbouwgronden die dicht bij een gemeentelijk centrum gelegen zijn. De kans op

een bestemmingswijziging wordt bij deze gronden immers hoger ingeschat door mogelijke kopers. Deze inschatting is samen met de verwachtingen over grondopbrengsten en kosten van de bestemmingswijziging bepalend voor de biedprijs van mogelijke kopers (Luijt, Kuhlman et al. 2003). Onder deze mogelijke kopers bevinden zich dan niet alleen landbouwers, maar bijvoorbeeld ook bouwondernemers en projectontwikkelaars. In de wetenschappelijke literatuur wordt de afstand tot het gemeentelijk centrum aangeduid als een benadering voor toekomstige ontwikkelingsopbrengsten (Plantinga and Miller 2001). Elke landbouwgrond bezit een optiewaarde op toekomstige, maar weliswaar onzekere, landontwikkeling. Deze optiewaarden worden meegenomen in de prijs die door mensen voor landbouwgrond betaald wordt, maar zijn doorgaans niet gemakkelijk op te nemen in uit te voeren analyses (Plantinga, Lubowski et al. 2002). In de wetenschappelijke literatuur werden er dan ook verschillende variabelen teruggevonden waarmee getracht wordt in de analyse rekening te houden met deze optiewaarden. Tot deze variabelen behoren bijvoorbeeld de reistijd van het perceel tot aan het gemeentelijk centrum, de verandering in populatiedichtheid, de dichtheid van snelwegen rondom het perceel en de afstand in meters van het perceel tot aan het gemeentelijk centrum. Omdat deze laatste variabele in huidig onderzoek eenvoudig te bepalen valt aan de hand van het programma ArcGIS, is het deze variabele die opgenomen zal worden om rekening te kunnen houden met de optiewaarde die mogelijk in de prijs van landbouwgrond vervat zit.

Naast het feit dat de optiewaarde een positieve invloed kan hebben op de prijs van landbouwgrond, is het ook zo dat enkel het feit dat een centrum kortbij gelegen is, een invloed kan hebben op de prijs van een bepaalde landbouwgrond. Hierdoor is er immers een gemakkelijkere toegang tot de faciliteiten die in het centrum aangeboden worden (Cotteleer, Luijt et al. 2007). Faciliteiten zoals winkels en openbaar vervoer zijn dan beter bereikbaar en ook voor landbouwers is het vervoer van agrarische producten in dat geval goedkoper dan vanuit afgelegen gebieden. Een negatieve relatie tussen de prijs van landbouwgrond en de afstand tot het gemeentelijk centrum wordt in de wetenschappelijke literatuur aangetoond in het onderzoek van Plantinga en Miller (Plantinga and Miller 2001). In dat onderzoek, uitgevoerd in 54 Amerikaanse staten in de jaren 1982, 1987 en 1992, wordt aangetoond dat de prijs van een landbouwgrond vermindert met 20,18 dollar per are wanneer de reistijd tot het centrum met een minuut toeneemt.

De resultaten van de onderzoeken die in de wetenschappelijke literatuur werden teruggevonden, zijn echter niet allemaal eenduidig. Dit komt doordat er niet-lineaire en niet-monotone relaties vastgesteld worden tussen prijzen die voor stukken landbouwgrond betaald worden en metingen in verband met de afstand tot een gemeentelijk centrum. Een verklaring die hiervoor gegeven wordt, is dat de relatie vanuit verschillende standpunten bekeken kan worden. In tegenstelling tot voorgaande argumentering is het immers zo dat een landbouwgrond die ver van het centrum gelegen is, minder met overlast te maken heeft die meestal wordt voortgebracht door het centrum zelf. Ook zijn afgelegen gronden de laatste jaren in aantrek bij die mensen die op zoek zijn naar een rustige plaats waar ze bijvoorbeeld kunnen vissen en waarvan de ligging en het uitzicht uniek

zijn. Dit zorgt ervoor dat steeds meer mensen migreren naar minder stedelijke gebieden, hetgeen een positief effect heeft op de prijs van landbouwgronden die verderaf gelegen zijn. De competitie voor deze landbouwgronden neemt dan immers toe (Bastian, McLeod et al. 2002); (Plantinga and Miller 2001). Een andere verklaring voor de bevinding dat de prijs van verderaf gelegen landbouwgrond hoger kan zijn, heeft te maken met de veronderstelling dat sommige landbouwers misschien toch landbouwgronden verkiezen die een eind van het centrum verwijderd zijn. Hierdoor lopen ze immers minder het risico van aangeklaagd te worden voor de overlast die hun landbouwgerelateerde activiteiten met zich meebrengen (Bastian, McLeod et al. 2002); (Cotteleer, Luijt et al. 2007). Dergelijke vormen van overlast zijn bijvoorbeeld stank en lawaai. In laatstgenoemd onderzoek wordt aangetoond dat de prijs van landbouwgronden die landelijk gelegen zijn, gemiddeld met €910 per hectare toeneemt wanneer de afstand tussen de landbouwgrond en de dichtstbijzijnde woningen met een kilometer toeneemt.

De voorwaarden waaraan voldaan moet worden opdat er een relatie tussen de prijs en de afstand tot het gemeentelijk centrum vastgesteld kan worden, zijn natuurlijk dat er een gemeentelijk centrum in de buurt is en dat er geen overaanbod is van landbouwgrond. Wanneer aan minstens één van deze voorwaarden niet voldaan wordt, kan er immers verwacht worden dat de prijs van landbouwgrond niet veel invloed ondervindt van de nabijheid van een gemeentelijk centrum. De afstand tot het gemeentelijk centrum vormt in huidig onderzoek een continue variabele die uitgedrukt wordt in meters. Deze variabele kan op basis van figuur 11 pagina 50 opgenomen worden in de categorie van eigendomskenmerken.

Een gemeentelijk centrum wordt in huidige masterproef gedefinieerd als een residentieel centrum waar minstens 5.000 mensen wonen. Op die manier werden er in het onderzoeksgebied niet zeven, maar acht gemeentelijke centra geïdentificeerd. Dit komt door het feit dat de gemeente Hamont-Achel twee centra bevat die voldoen aan voorvermeld criterium. Daarom worden Hamont en Achel van elkaar gesplitst, waardoor ze eigenlijk beschouwd kunnen worden als twee aparte gemeentes. Deze twee gemeentes zijn overigens allebei even groot. Voor Hechtel-Eksel en alle andere deelgemeentes wordt deze opsplitsing niet uitgevoerd aangezien er bij deze gemeentes duidelijk één centrum onderscheiden wordt. Voor de gemeente Hechtel-Eksel ligt het gemeentelijk centrum in Hechtel.

6.6 Bevolkingsdruk

Naast de afstand van een bepaalde landbouwgrond tot het dichtstbijzijnde gemeentelijk centrum, kan ook de bevolkingsdruk rondom die grond opgenomen worden als verklarende variabele. Er kan verwacht worden dat de prijs van een bepaalde landbouwgrond toeneemt wanneer de bevolkingsdruk rondom het perceel groter wordt. De grond bevindt zich dan immers in een meer bevolkt of stedelijk gebied, waardoor de druk op prijzen groter wordt. Aangezien bevolkingsdruk geïnterpreteerd kan worden als een benadering van bevolkingsdichtheid, vormt de variabele tevens een tweede soort van variabele waarmee toekomstige ontwikkelingen in kaart gebracht kunnen

worden. Doordat deze toekomstige ontwikkelingen ook worden weergegeven door de variabele die zonet besproken werd, is het belangrijk om na te gaan of de twee variabelen met elkaar gecorreleerd zijn. Er kan immers verwacht worden dat een landbouwgrond die verder van een gemeentelijk centrum gelegen is, ook een mindere mate van omliggende bevolkingsdruk met zich meebrengt. Dit zou tot gevolg kunnen hebben dat beide variabelen dezelfde variatie in de afhankelijke variabele verklaren, waardoor er multicollineariteit optreedt. Aangezien het de bedoeling is van te komen tot een hedonistische prijsanalyse waarbij betrouwbare resultaten bekomen en geïnterpreteerd kunnen worden, dient er dan ook onderzocht te worden of het opnemen van beide variabelen multicollineariteit met zich meebrengt.

De bevolkingsdruk rondom een bepaalde landbouwgrond wordt in huidig onderzoek bepaald door het aantal adressen dat binnen een bepaalde straal rondom het perceel gelegen is. De dataset op basis waarvan de analyse uitgevoerd wordt, bevat voor elke landbouwgrond het aantal adressen dat binnen een straal van 250, 500, 1.000, 2.000 en 3.000 meter gelegen is. Hoewel het initieel de bedoeling was om op basis van de resultaten van de statistische analyse te oordelen over de meest geschikte straal, kon dit reeds op voorhand aan de hand van een visuele inspectie gebeuren. Deze inspectie toonde immers aan dat een straal van 250 of 500 meter te beperkt zou zijn aangezien er dan bij verschillende gronden geen adressen teruggevonden worden die binnen die straal gelegen zijn. Daarnaast moet er rekening gehouden worden met het feit dat sommige landbouwgronden dichtbij de Nederlandse grens gelegen zijn. Aangezien er geen adresgegevens van Nederland beschikbaar zijn in huidig onderzoek kan dit ervoor zorgen dat het aantal adressen in de buurt van landbouwgronden die bij de grens gelegen zijn, onderschat wordt. In een verkennend onderzoek werd nagegaan hoeveel landbouwgronden in de dataset op minder dan 1.000, 2.000 en 3.000 meter van de Nederlandse grens gelegen zijn. Dit bleek het geval te zijn voor respectievelijk ongeveer 18, 40 en 50 landbouwgronden. Er werd dan ook gekozen om in huidig onderzoek bij voorkeur te werken met een straal van 1.000 meter. Dit heeft immers tot gevolg dat het aantal omliggende adressen voor slechts 18 gronden licht onderschat wordt. Deze onderschatting is overigens niet erg wanneer aangenomen wordt dat de personen, horende bij deze Nederlandse adressen, niet geïnteresseerd zijn in het kopen van Belgische landbouwgrond. Dit is zeker het geval wanneer deze mensen geen landbouwers zijn. Er kan dus geconcludeerd worden dat de bevolkingsdruk betrouwbaar geschat kan worden enkel en alleen op basis van Belgische adressen. Bij deze adressen moet trouwens nog een andere kanttekening gemaakt worden. Het is immers zo dat de kaart die gebruikt werd om de adressen te bepalen, enkel woningen en gebouwen bevat. Dit zorgt ervoor dat een appartementsblok, waar bijvoorbeeld 100 personen wonen, slechts als één adres wordt opgenomen. Het is ook daarom dat de bevolkingsdruk in huidig onderzoek slechts een benadering is van bevolkingsdichtheid. Dit heeft echter geen grote gevolgen, aangezien de maatstaf toch gezien kan blijven worden als een indicatie voor bevolkingsdruk.

In de wetenschappelijke literatuur werden er verschillende onderzoeken teruggevonden waarin bevolkingsdruk op de één of andere manier in de analyse wordt opgenomen (Mendelsohn,

Nordhaus et al. 1994); (Plantinga and Miller 2001); (Plantinga, Lubowski et al. 2002); (Luijt, Kuhlman et al. 2003). In laatstgenoemd onderzoek wordt aangenomen dat, hoe hoger de bevolkingsdruk is, hoe hoger de grondprijs is die betaald wordt voor landbouwgrond. In datzelfde onderzoek kiezen de onderzoekers ervoor om niet de bevolkingsdichtheid als dusdanig op te nemen als verklarende variabele, maar wel de adressendichtheid. De reden die hiervoor wordt gegeven, is het feit dat deze maatstaf in staat is om zowel rekening te houden met woonadressen als met bedrijfsadressen. Een andere reden voor het gebruik van adressendichtheid als variabele is het feit dat deze maatstaf door het CBS gebruikt wordt als criterium voor de mate van verstedelijking. In het vermelde onderzoek wordt een sterk significante, positieve invloed van adressendichtheid op de prijs van landbouwgrond vastgesteld. Wanneer deze adressendichtheid verdubbelt, stijgt de prijs per hectare met 9,9%. De resultaten van dit Nederlands onderzoek geven aan dat de keuze voor adressendichtheid als maatstaf voor bevolkingsdruk een goede keuze is. Meer algemene bevindingen op gebied van bevolkingsdichtheid werden geformuleerd in de onderzoeken die door Plantinga en Miller, en Plantinga, Lubowski et al. werden uitgevoerd. In eerstgenoemd onderzoek wordt aangetoond dat een toename in de mate van bevolkingsgroei in de dichtstbijzijnde stad met 1.000 personen, een stijging in de prijs van landbouwgrond van 97 dollar per are met zich meebrengt (Plantinga and Miller 2001). In laatstgenoemd onderzoek, uitgevoerd in 3.000 Amerikaanse staten, wordt aangetoond dat, wanneer de verandering in populatiedichtheid met één eenheid toeneemt, de gemiddelde waarde van landbouwgrond toeneemt met 65,14 dollar per are (Plantinga, Lubowski et al. 2002). Belangrijk om hierbij te vermelden is wel dat deze laatste twee onderzoeken de populatiedichtheid opnemen als maatstaf voor potentiële toekomstige ontwikkeling. Dit geeft dus een extra aanduiding voor het feit dat de adressendichtheid rondom een bepaalde landbouwgrond gecorreleerd kan zijn met de afstand tot het dichtstbijzijnde gemeentelijk centrum. Of dit aanleiding geeft tot multicollineariteit zal dus, zoals reeds gezegd werd, onderzocht moeten worden.

6.7 Grondmobiliteit

Een laatste numerieke variabele die mogelijk in de te schatten regressie opgenomen zal worden, is een proxy voor grondmobiliteit. Deze variabele wordt voor elke landbouwgrond die deel uitmaakt van de dataset bepaald door na te gaan hoeveel landbouwgronden er in een straal van 1.000, 3.000 en 5.000 meter rondom het perceel verkocht werden in het jaar dat de betreffende landbouwgrond verkocht werd. Voor een landbouwgrond die verkocht werd op 1 juli 2006, wordt bijvoorbeeld nagegaan hoeveel verkopen er in 2006 plaatsvonden in een bepaalde straal rondom die landbouwgrond. In eerste instantie worden er in de dataset drie verschillende stralen opgenomen, omdat dit toelaat van in de uit te voeren regressie te werken met die straal die de meest betrouwbare en significante resultaten oplevert. Het is dus tijdens de uit te voeren hedonistische prijsanalyse dat er een beslissing gemaakt zal worden omtrent de te gebruiken straal. Doordat er een maatstaf bekomen wordt die weergeeft hoeveel percelen er in een bepaalde

tijdsduur van eigenaar veranderd zijn, wordt er als het ware een maatstaf voor grondmobiliteit¹⁰ bekomen. Wanneer er gedurende het jaar waarin een bepaalde landbouwgrond verkocht wordt, weinig gronden werden verkocht rondom het betreffende perceel, kan er verwacht worden dat de prijs van die betreffende landbouwgrond hoger zal liggen dan een vergelijkbaar perceel waarrond de grondmobiliteit hoger is. Dit komt doordat kopers, wanneer de grondmobiliteit in een bepaald gebied laag is, lange tijd moeten wachten vooraleer er in dat gebied een landbouwgrond beschikbaar komt. Wanneer dat het geval is, zullen zij waarschijnlijk bereid zijn een hogere prijs te betalen aangezien zij weten dat er in het betreffende gebied niet veel landbouwgronden van eigenaar veranderen. De kopers beschouwen het dan ook als een unieke kans om in dat gebied een landbouwgrond aan te kopen. Ook zal de concurrentie tussen potentiële kopers waarschijnlijk groter zijn wanneer de grondmobiliteit in een bepaald gebied laag is. In een gebied waar dit het geval is, zullen potentiële kopers immers meer met elkaar concurreren voor die gronden die aangeboden worden. De kopers gaan dan waarschijnlijk meer tegen elkaar opbieden, waardoor er een opwaartse druk op de prijs ontstaat. In de wetenschappelijke literatuur wordt aangehaald dat een lage grondmobiliteit binnen de agrarische sector in combinatie met een grote vraag vanwege potentiële toekomstige ontwikkelingen, verband houdt met een opwaartse druk op prijzen (Korthals Altes and Van Rij 2005). In een ander onderzoek, uitgevoerd in 3.000 Amerikaanse staten, wordt aangehaald dat de invloed van potentiële toekomstige ontwikkeling op de prijs van landbouwgrond afhangt van zowel de aanwezigheid van stedelijke gebieden als van de hoeveelheid landbouwgrond in de omgeving van een bepaald perceel (Plantinga, Lubowski et al. 2002). In het onderzoek wordt aangetoond dat, wanneer de dichtheid van landbouwgronden met één eenheid toeneemt, de gemiddelde waarde van landbouwgrond afneemt met 390,77 dollar per are. Dit is volgens het onderzoek te wijten aan het feit dat de aanwezigheid van meer landbouwgrond ervoor zorgt dat het effect van toekomstige potentiële ontwikkelingen op de waarde van landbouwgrond teruggedrongen wordt. Hoewel het onderzoek de hoeveelheid landbouwgrond als dusdanig in de analyse opneemt, kan aangenomen worden dat grondmobiliteit hiermee samenhangt. In een gebied waar meer landbouwgronden gelegen zijn, zal doorgaans immers ook vaker landbouwgrond verkocht worden. Laatstgenoemd onderzoek wijst tevens op een mogelijke correlatie tussen drie variabelen die in huidig onderzoek opgenomen kunnen worden. Het gaat dan om de variabelen 'afstand tot het gemeentelijk centrum', 'bevolkingsdruk' en 'grondmobiliteit'. Er kan immers verwacht worden dat een grond die dichter bij een bepaald gemeentelijk centrum gelegen is, ook te maken heeft met een hogere bevolkingsdruk en een lagere omliggende grondmobiliteit. Of de drie variabelen onderling gecorreleerd zijn en daardoor multicollineariteit met zich meebrengen, zal dan ook nagegaan moeten worden.

In Nederlandse context worden er minder eenduidige resultaten omtrent grondmobiliteit teruggevonden (Dienst landelijk gebied 2011); (Dienst landelijk gebied 2005). Hoewel er in het

¹⁰ Grondmobiliteit staat voor de hoeveelheid grond die in een bepaalde tijd van eigenaar of pachter wisselt.

eerstgenoemde onderzoek wordt aangehaald dat de prijzen van landbouwgronden de laatste jaren stijgen, terwijl de grondmobiliteit afneemt, worden er ook opvallende resultaten teruggevonden. Zo wordt er in het noorden van Nederland en in Flevoland een flinke daling van de grondmobiliteit vastgesteld, terwijl de prijzen in het noorden van Nederland de laagste zijn en de prijzen in Flevoland de hoogste zijn. Van een eenduidige relatie is hier dus geen sprake. Ook in het laatstgenoemde onderzoek is sprake van resultaten die tegenstrijdig zijn met wat eerder werd aangehaald. In dit onderzoek wordt immers aangehaald dat een hoge grondmobiliteit in bepaalde gebieden het gevolg kan zijn van een minder sterke daling van de prijs van landbouwgrond in die gebieden. Daarnaast wordt aangehaald dat een lage grondmobiliteit het gevolg kan zijn van het feit dat kopers en verkopers niet tot een overeenstemming komen. Dat heeft dan op zijn beurt tot gevolg dat de prijs onder neerwaartse druk komt te staan. Uit de tegenstrijdige resultaten valt af te leiden dat er niet altijd sprake is van een eenduidige relatie tussen grondmobiliteit en de prijs van landbouwgrond. Hoewel er een negatieve coëfficiënt verwacht wordt (hogere grondmobiliteit geeft aanleiding tot lagere prijs), is het dan ook mogelijk dat er in de uiteindelijke hedonistische prijsanalyse een positieve coëfficiënt teruggevonden wordt. Of dit zo is, wordt weergegeven in hoofdstuk 7.

6.8 Bestemmingstype

De variabelen die tot nog toe besproken werden, kunnen allemaal ingedeeld worden in de categorie van numerieke variabelen. In de te schatten regressie kunnen echter ook een aantal dummyvariabelen opgenomen worden. Een eerste dummyvariabele waarvan sprake is, is de variabele waarmee een bepaald bestemmingstype toegewezen kan worden aan een bepaalde landbouwgrond. Zo kan een bepaalde landbouwgrond bijvoorbeeld geclassificeerd staan als agrarisch gebied, terwijl een andere landbouwgrond ondergebracht kan worden in een andere categorie zoals natuurgebied, landschappelijk waardevol gebied, enzovoort. Door deze dummyvariabele op te nemen, kan er rekening gehouden worden met mogelijke verschillen in prijzen per m² die ontstaan doordat landbouwgronden als verschillende soorten bestemmingstypes geclassificeerd staan. De dummyvariabelen waarmee de bestemmingstypes voorgesteld worden, vormen dus een soort van controlevariabelen.

Bij het opnemen van de dummyvariabelen als verklarende factoren in de hedonistische prijsanalyse, moet er rekening gehouden worden met de zogenaamde 'dummy variable trap' (Taber 2010). Dit zou in huidig onderzoek optreden wanneer er voor elk bestemmingstype een dummyvariabele in de regressie opgenomen zou worden. Wanneer dit het geval zou zijn en er ook een constante aanwezig is in de regressie, veroorzaakt dit perfecte multicollineariteit waardoor de coëfficiënten van de regressie niet betrouwbaar geschat kunnen worden op basis van de OLS-methode. Daarom wordt ervoor gekozen om in de te schatten regressie van één bestemmingstype de dummyvariabele te laten wegvallen. Het bestemmingstype waarvan de dummyvariabele niet wordt opgenomen, vormt de referentie ten opzichte waarvan de andere types vergeleken worden. In huidig onderzoek wordt agrarisch gebied aangeduid als referentietype.

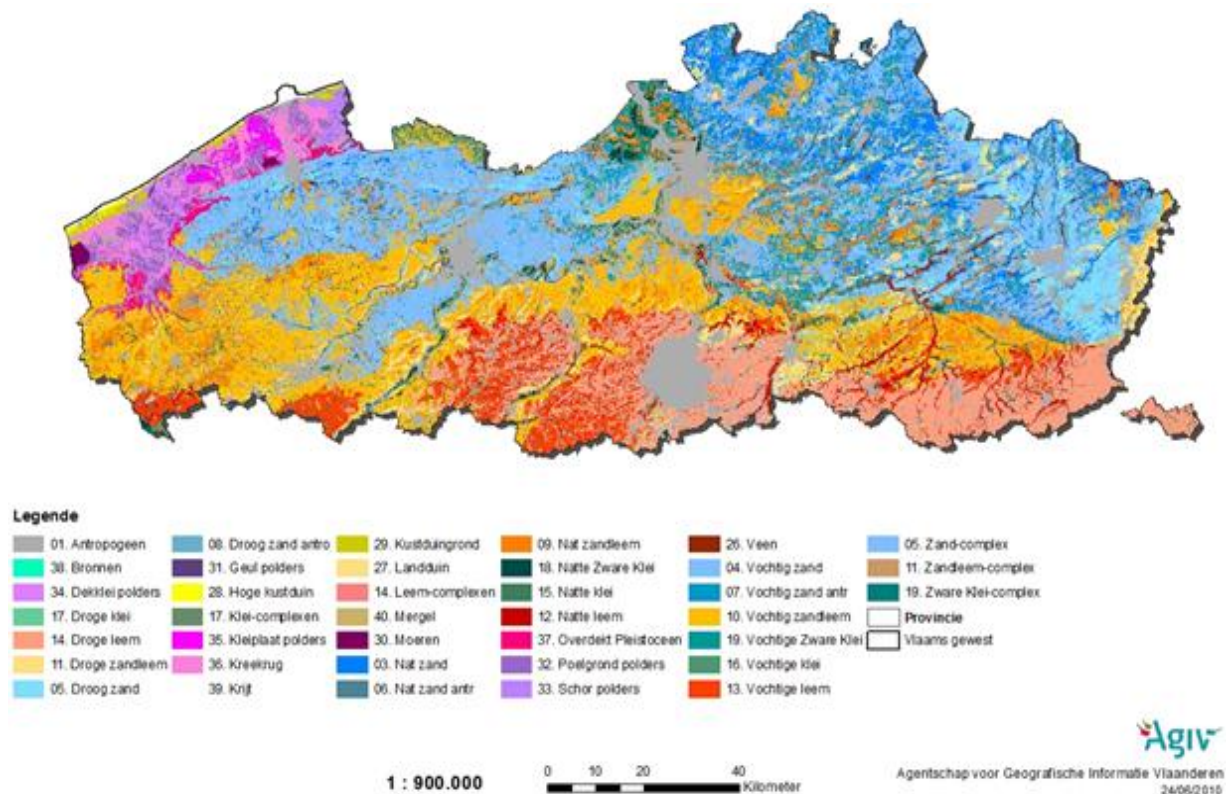
In de wetenschappelijke literatuur werden er verschillende onderzoeken teruggevonden waarin nagaan wordt of het soort gebied van invloed is op de prijs van landbouwgrond (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu 2002); (Luijt, Kuhlman et al. 2003); (Cotteleer, Luijt et al. 2007); (Dirk Bergen 2011). In deze onderzoeken wordt wel enkel de vergelijking gemaakt tussen landbouwgebied en natuurgebied, aangezien aangenomen wordt dat het deze twee soorten gebieden zijn waartussen het grootste verschil bestaat. In het onderzoek van Luijt, Kuhlman et al., dat werd uitgevoerd in Nederlandse context, wordt aangetoond dat de prijs van landbouwgrond daalt met 44% wanneer de betreffende grond in het zogenaamde EHS gebied gelegen is. Dit gebied omvat het geheel van toekomstige en huidige natuurgebieden die gelegen zijn in Nederland. Ook het onderzoek van Cotteleer, Luijt et al. toont een negatieve invloed aan. Er wordt immers aangetoond dat de prijzen van landbouwgronden die landelijk gelegen zijn met 30% daalt wanneer de betreffende gronden in de EHS gelegen zijn. Dit is wel enkel het geval wanneer boeren geen stem hebben in het herverdelen van de gronden. Bij landbouwgronden die stedelijk gelegen zijn, blijkt dergelijk negatief effect zich niet voor te doen doordat landbouw en natuur in stedelijke gebieden meer concurrerend zijn ten opzichte van elkaar. In het onderzoek van Dirk Bergen, dat zowel van toepassing is op de Nederlandse als de Belgische context, wordt de koppeling tussen landbouwgrond en natuur als een beperking omschreven. Volgens de auteur vindt deze beperking plaats op gebied van gebruik van grond.

Hoewel er in huidig onderzoek nagegaan kan worden of er op gebied van prijs een verschil bestaat tussen gewoon agrarisch gebied en natuurgebied, kan agrarisch gebied bijvoorbeeld ook vergeleken worden met onder andere bosgebied, woongebied, parkgebied, enzovoort. In huidig onderzoek kan zo de vergelijking worden gemaakt met zestien verschillende soorten bestemmingstypes. Deze zestien verschillende types worden met hun bijhorende naam en beschrijving weergegeven in tabel 11 op pagina 94 (TYP0900 tot en met TYP1630). Op figuur 11 pagina 50 kunnen de dummyvariabelen voor de verschillende bestemmingstypes ondergebracht worden in de categorie van eigendomskenmerken.

6.9 Bodemtype

Een tweede verzameling van dummyvariabelen die opgenomen kan worden in de analyse bestaat uit dummyvariabelen waarmee verschillende types van bodem worden aangeduid. Hoewel de grond in de Kempen hierboven reeds beschreven werd als zure zandgrond, bestaan er in dit type grond nog verschillende subcategorieën. Een overzicht van deze categorieën en de ruimtelijke verspreiding ervan wordt weergegeven op figuur 14. Op deze figuur worden de gemeentes die deel uitmaken van het onderzoeksgebied voornamelijk blauw ingekleurd, hetgeen overeenkomt met zandgrond. Toch valt het onderzoeksgebied verder onder te verdelen in elf verschillende types van bodem. Welke types dit juist zijn, wordt weergegeven in tabel 11 pagina 94 (DROOG_ZAND tot en met ANTROPOGEE). Om de dummy variable trap te vermijden, wordt van één bodemtype de dummyvariabele weggelaten. Het type waarvoor dit zal gebeuren, is droog zand. Dit vormt dus de referentie ten opzichte waarvan de andere bodemtypes vergeleken kunnen worden. Zo kan

bijvoorbeeld nagegaan worden of de geïnflateerde prijs per m² van natte of vochtige zandgrond hoger is dan de geïnflateerde prijs per m² van droge zandgrond.



Figuur 14: Overzicht van verschillende bodemtypes in Vlaanderen. Bron: AGIV 2010.

In de wetenschappelijke literatuur werden enkele studies teruggevonden waarin het type bodem als verklarende variabele wordt opgenomen (Cotteleer, Luijt et al. 2007); (Luijt, Kuhlman et al. 2003). Deze studies kwamen hiervoor reeds aan bod aangezien ze andere relevante variabelen bevatten die ook in huidig onderzoek opgenomen worden. In laatstgenoemd onderzoek wordt de kwaliteit van verschillende grondsoorten weergegeven aan de hand van de pachtnorm die voor de verschillende soorten van grond geldt. In het onderzoek wordt aangetoond dat, wanneer de grondsoortwaarde verdubbelt, de prijs per hectare landbouwgrond met 21,2% toeneemt. Dit resultaat geeft met het oog op huidig onderzoek, waarin een ander soort methodologie wordt toegepast, echter slechts een onrechtstreekse aanduiding voor het verschil in prijs ten gevolge van verschillende types van bodem. Dit resultaat, hoewel significant in het vermelde onderzoek, moet hier dan ook met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Het is daarom beter om te kijken naar de resultaten van het eerstgenoemde onderzoek, waarin dummy's voor verschillende types van bodem in de regressie worden opgenomen. Uit de resultaten van dit onderzoek kan min of meer afgeleid worden (de resultaten zijn niet statistisch significant) dat er voor zandgrond meer betaald wordt dan voor veengrond. Hoewel er ook resultaten raadpleegbaar zijn voor kleigrond en zavelgrond, is het niet relevant om deze resultaten in huidig onderzoek te vermelden. Deze bodemtypes worden in het onderzoeksgebied immers niet teruggevonden. Doordat de vermelde

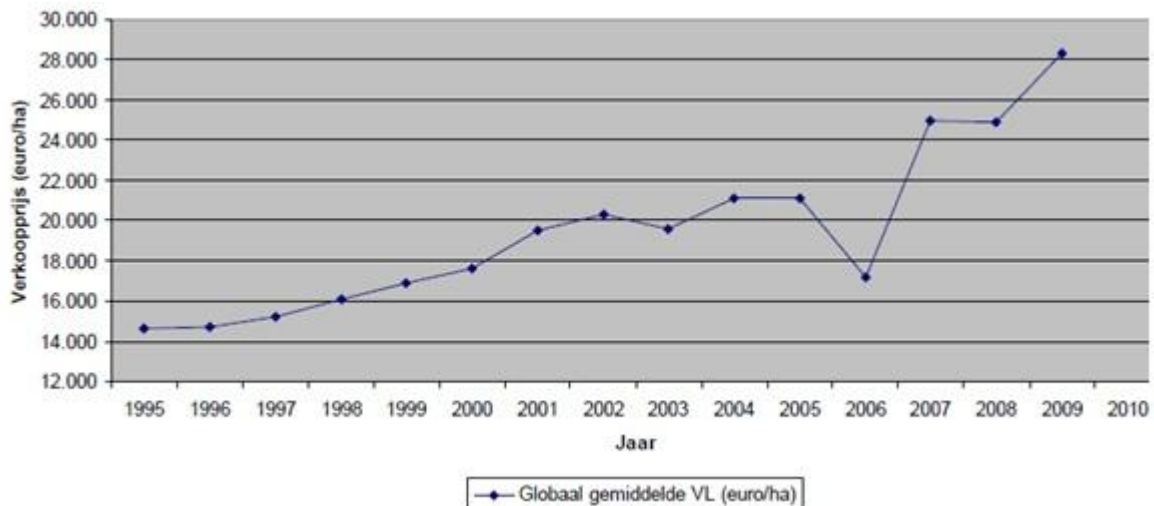
bevinding in verband met het verschil tussen zand- en veengrond insignificant is, is het natuurlijk de vraag in hoeverre de resultaten in huidige masterproef wel significant gaan zijn. Daarenboven is het in dat opzicht ook mogelijk dat de resultaten die gevonden zullen worden in huidig onderzoek, niet overeenkomen met die resultaten die in de literatuur werden teruggevonden. Dit alles zal duidelijk worden bij het uitvoeren van de hedonistische prijsanalyse en het bespreken van de bijhorende resultaten, hetgeen plaatsvindt in hoofdstuk 7.

6.10 Jaar van verkoop

De dataset waarvan gebruik gemaakt wordt, bestaat uit data van de jaren 2000 tot en met 2011. Aangezien er in huidig onderzoek gewerkt wordt met cross-sectionele data, zal er een cross-sectionele hedonistische prijsvergelijking geschat worden waarbij de observaties van de verschillende jaren als het ware samen gegooid worden. Er wordt dus eigenlijk uitgegaan van gelijktijdige dataobservaties. Om aan de hand van deze data toch na te kunnen gaan of verschillende jaren samenhangen met verschillende prijzen van landbouwgrond, worden er dummyvariabelen opgenomen voor de verschillende jaartallen.

Om voeling te kunnen krijgen met de hoogte en de evolutie van de prijs van landbouwgrond doorheen de jaren, wordt er hieromtrent in deze alinea een beknopte bespreking gegeven. In een onderzoek dat recent werd uitgevoerd (Dirk Bergen 2011), werd de evolutie van verkoopprijzen van landbouwgrond in Vlaanderen over de periode 1995 tot heden bestempeld als gestaag stijgend (zie figuur 15). Enkel in 2006 werd er een lagere gemiddelde prijs genoteerd. De stijging van de gemiddelde prijs van landbouwgrond lijkt de laatste jaren wat sterker te worden dan de jaren daarvoor. In de periode 1995-2004 steeg de gemiddelde verkoopprijs van 14.600 euro ha⁻¹ naar 21.100 euro ha⁻¹. Deze stijging valt volgens sommige auteurs nauwelijks te verklaren door een ontwikkeling van de bedrijfsresultaten in de land- en tuinbouw. Deze auteurs zien vooral de economische groei in die jaren als oorzaak van de stijging. Het verloop van de prijs van landbouwgronden is immers vrijwel gelijk aan het verloop van de conjunctuurgevoelige prijs van woningen (Luijt, Kuhlman et al. 2003). Dit verloop van prijzen kan gezien worden als een indicator van economische ontwikkeling. Ook een dalende grondmobiliteit, gecombineerd met een groeiende vraag naar landbouwgrond, kan een verklaring zijn voor de stijging in verkoopprijzen (Korthals Altes and Van Rij 2005). Na de prijsdaling in 2006, steeg de gemiddelde verkoopprijs in de periode 2007-2008 terug naar 25.000 euro ha⁻¹. Deze stijging zette zich daarna gestaag verder, waardoor de gemiddelde prijs per hectare in 2009 al 28.300 euro ha⁻¹ bedroeg. De gemiddelde prijzen hebben zich dus zo goed als verdubbeld in de beschouwde periode. Door landbouwspecialist Luc Busschaert wordt de gestage stijging van gemiddelde landbouwgrondprijzen na 2009 bevestigd (Busschaert 2011). Hij komt immers tot de conclusie dat de prijs van landbouwgrond tussen 1 januari 2010 en 31 juli 2011 gemiddeld met 5,2% gestegen is. Deze stijging doet zich vooral voor in de streek rond het West-Vlaamse Roeselare en het Antwerpse Mechelen, doordat daar meer aan groenteteelt gedaan wordt. De waarde van een hectare akkergrond kan volgens Luc Busschaert geschat worden op 25.000 euro. Een opmerkelijke vaststelling die hij verder doet, is dat ongeveer

10% van de verkochte landbouwgrond verkocht wordt aan mensen of bedrijven die op zich niet veel met landbouw te maken hebben. Deze mensen zien landbouwgrond als een goede belegging. Er zal immers nooit nieuwe landbouwgrond bijkomen en sinds de tweede wereldoorlog is de prijs van landbouwgrond nog nooit gedaald.



Figuur 15: Gemiddelde verkoopprijzen van landbouwgrond in Vlaanderen. Bron: (Dirk Bergen 2011).

Vertrekkende van voorgaande redenering kan verwacht worden dat er in recentere jaren meer betaald wordt voor landbouwgrond dan in de jaren daarvoor (hetgeen ook al min of meer af te leiden viel uit tabel 6 en tabel 7 op pagina 74 en 75). De dummyvariabelen waarmee de jaartallen opgenomen kunnen worden in huidig onderzoek, vormen een soort van controlevariabelen. Door die dummyvariabelen kan er immers gecorrigeerd worden voor onbekende en/of onverwachte gebeurtenissen in de tijd (Clauw 2007); (Provost, Menard et al. 2006). Om de dummy variable trap te vermijden, wordt de dummy van één jaartal niet opgenomen. Dit jaartal, dat het referentiejaar vormt ten opzichte waarvan de andere jaren vergeleken worden, is het jaar 2011.

Hoewel de cijfers van Stadim, weergegeven in tabel 6 en 7 op pagina 74 en 75, reeds een eerste aanduiding gaven voor een mogelijk verschil in geïnflateerde prijzen per m² over verschillende jaren heen, is het natuurlijk nog maar de vraag of dit verschil ook in huidig onderzoek terug te vinden is. Een eerste indicatie voor de aanwezigheid van dat verschil in de dataset wordt geleverd door tabel 8. Bij de interpretatie van deze tabel moet er rekening mee gehouden worden dat de gemiddelde prijzen berekend werden over verschillende gemeentes heen. Een verdere opsplitsing in gemeentes of meer oppervlaktecategorieën zou ervoor gezorgd hebben dat er slechts een zeer beperkt aantal gegevens per unieke indeling zou overblijven. Gemiddeldes op basis van die beperkte aantallen zouden dan ook een onbetrouwbaar beeld van de werkelijkheid weergeven. Dat is in tabel 8 reeds het geval voor de jaren 2000 tot en met 2003. De cijfers die voor deze jaren worden weergegeven, moeten dus met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Er werd voor gekozen om alle geïnflateerde prijzen van een bepaald jaar als dusdanig te beschouwen en slechts één opsplitsing te maken op gebied van oppervlakte. Uit tabel 8 valt af te leiden dat de

gemiddelde, geïnflateerde prijzen per m² landbouwgrond in de periode 2001-2004 lager lagen dan in de periode 2005-2011. Zoals reeds gezegd werd, moeten de gegevens tot en met 2003 echter met de nodige voorzichtigheid bekeken worden. Hoe dan ook, het verschil tussen 2004 en de jaren daarop lijkt toch wel aanwezig te zijn. Deze bevinding komt trouwens overeen met de conclusie die getrokken werd op basis van de cijfers van Stadim. Wat daarbij nog opvalt in tabel 8, is dat de prijzen in 2010 en 2011 een stuk hoger liggen dan in de jaren daarvoor. Uit tabel 8 kan dus min of meer afgeleid worden dat de prijzen doorheen de jaren gestegen zijn. Het valt dus te verwachten dat er op prijsgebied wel degelijk een verschil aanwezig is tussen de verschillende jaren. Hierbij moet wel benadrukt worden dat de cijfers in tabel 8 slechts een eerste aanduiding geven voor de aanwezigheid van één of ander jaareffect. Of deze verschillen ook daadwerkelijk significant zijn, moet blijken uit het verdere onderzoek.

In een onderzoek dat werd uitgevoerd in 2007, in het onderzoeksgebied dat ook voor huidig onderzoek gekozen werd, werd aangetoond dat de geïnflateerde prijzen van huizen in de periode 1993 tot en met 1997 significant lager lagen dan in 2001 (Clauw 2007). Hoewel dit onderzoek reeds enkele jaren geleden gebeurde en betrekking heeft op prijzen van huizen, geven de resultaten van het onderzoek aan dat er doorheen de tijd toch wel een opwaartse beweging van prijzen vast te stellen is. Of dit ook vanaf 2000 nog steeds het geval is op de markt van landbouwgrond, zal moeten blijken uit de resultaten van de hedonistische prijsanalyse die in hoofdstuk 7 uitgevoerd en besproken zal worden.

Tabel 8: Gemiddelde, geïnflateerde verkoopprijs in euro/m² (over alle gemeentes). Eigen berekening.

Jaar\Oppervlakte	<5.000 m²	>5.000 m²
2000	2,19	2,74
2001	1,66	1,80
2002	1,65	1,75
2003	1,99	1,16
2004	1,90	1,88
2005	2,61	1,91
2006	2,87	2,06
2007	2,92	2,05
2008	2,46	1,90
2009	2,42	1,89
2010	3,29	2,46
2011	3,16	2,45

6.11 Gemeente

Gelijkaardig aan de dummyvariabelen die opgenomen worden voor de verschillende jaartallen, worden ook dummyvariabelen opgenomen voor de zeven gemeentes die deel uitmaken van het onderzoeksgebied. Er kan verwacht worden dat de prijs die voor landbouwgrond betaald wordt in sommige gemeentes hoger ligt dan in andere gemeentes. In persoonlijk contact met het kadaster werd er immers voor gewaarschuwd dat de prijzen in Lommel hoger kunnen liggen dan in andere gemeentes. Dit zou een gevolg kunnen zijn van het feit dat er in Lommel veel paardenliefhebbers wonen die bereid zijn meer te betalen voor landbouwgrond dan andere kopers. Dit fenomeen wordt in de wetenschappelijke literatuur aangeduid als 'peri-urbane druk'¹¹ voor niet-landbouwgebruik. Tot deze druk wordt bijvoorbeeld de vraag naar landbouwgrond vanwege paardenliefhebbers gerekend (Dirk Bergen 2011). Deze liefhebbers zouden op die manier de prijs van landbouwgrond in Lommel positief kunnen beïnvloeden. Wanneer opnieuw naar tabel 6 en tabel 7 op pagina 74 en 75 gekeken wordt, kan besloten worden dat de gemiddelde prijs per m² wel degelijk kan verschillen van gemeente tot gemeente. Zo wordt in tabel 6 weergegeven dat de hoogste gemiddelde prijzen in de periode 2002-2004 terug te vinden waren in de gemeente Overpelt, gevolgd door Hamont-Achel, Neerpelt en Lommel. De laagste prijzen werden geregistreerd in de gemeentes Balen en Hechtel-Eksel. Ook in de periode 2005-2007, tabel 7, kunnen dergelijke patronen teruggevonden worden. In deze periode kwamen de hoogste gemiddelde prijzen voor in de gemeente Hamont-Achel, gevolgd door Neerpelt, Lommel en Mol. De hoogste prijzen zijn dus zeker niet altijd in dezelfde gemeente terug te vinden, maar er zijn wel enkele gemeentes die meestal in de hoogste prijscategorie noteren. Door het opnemen van dummyvariabelen die de verschillende gemeentes voorstellen, kan er met dergelijke invloeden rekening gehouden worden. Deze dummyvariabelen kunnen eveneens gezien worden als controlevariabelen. Ze laten immers toe van te corrigeren voor regionale verschillen. De dummy variable trap wordt vermeden door één van de zeven dummy's te laten wegvallen. De gemeente waarvan de dummy wegvalt, kan gezien worden als de referentiegemeente waarmee de andere gemeentes vergeleken kunnen worden. In huidig onderzoek wordt de gemeente Hamont-Achel gekozen als referentiegemeente.

Hoewel de cijfers van Stadim, weergegeven in tabel 6 en 7 op pagina 74 en 75, reeds een eerste aanduiding gaven voor het feit dat er een verschil in prijzen per m² kan opduiken wanneer gekeken wordt naar verschillende gemeentes, is het natuurlijk nog maar de vraag of dit verschil ook in de dataset die voor huidig onderzoek gebruikt wordt, terug te vinden valt. Een eerste indicatie voor de aanwezigheid van dit verschil wordt weergegeven in tabel 9. Bij de interpretatie van deze tabel moet er rekening mee gehouden worden dat de gemiddelde prijzen berekend werden over verschillende jaren heen. Een verdere opsplitsing in jaren of meer oppervlaktecategorieën zou ervoor gezorgd hebben dat er slechts een zeer beperkt aantal gegevens per unieke indeling zou overblijven. Gemiddeldes op basis van die beperkte aantallen zouden dan ook een onbetrouwbaar beeld van de werkelijkheid kunnen weergeven. Daarom werd ervoor gekozen om alle geïnflateerde

¹¹ Druk die veroorzaakt wordt door stedelijke groei en invloed heeft op peri-urbane gebieden, ofwel gebieden die de overgang vormen tussen rurale en urbane landschappen.

prijzen van een gemeente als dusdanig te beschouwen en slechts één opsplitsing te maken op gebied van oppervlakte. Uit tabel 9 valt af te leiden dat de gemiddelde, geïnflateerde prijs per m² landbouwgrond in Overpelt, Neerpelt, Hamont-Achel en Lommel hoger ligt dan in de andere gemeentes. Vooral wanneer gekeken wordt naar gronden die groter zijn dan 5.000 m², valt dit fenomeen op. Deze bevinding komt overigens duidelijk overeen met de conclusie die getrokken werd op basis van de cijfers van Stadim. Het valt dus te verwachten dat er op prijsgebied wel degelijk een verschil aanwezig is tussen de verschillende gemeentes. Hierbij moet wel benadrukt worden dat de cijfers in tabel 9 slechts een eerste aanduiding geven voor de aanwezigheid van één of ander gemeente-effect. Of deze verschillen ook daadwerkelijk significant zijn, kan blijken uit verder onderzoek.

In een verkennende literatuurstudie werden er wetenschappelijke onderzoeken teruggevonden waarin dummyvariabelen worden gebruikt om verschillende gebieden aan te duiden (Bockstael 1996); (Clauw 2007). In eerstgenoemd onderzoek bestaat het onderzoeksgebied uit zeven districten. Om na te gaan of de prijs van landbouwgrond afhangt van het district waar de grond gelegen is, worden er dummyvariabelen opgenomen die de verschillende districten voorstellen. Het opnemen van de dummyvariabelen in dit onderzoek bleek nuttig te zijn, aangezien er toch wel gevoelige prijsverschillen tussen de districten werden vastgesteld. Hoewel er te verwachten valt dat dergelijke verschillen op gemeenteniveau minder groot zijn, is het toch belangrijk dat er ook in huidig onderzoek rekening gehouden wordt met een eventueel verschil in prijs, veroorzaakt door het al dan niet behoren tot een bepaalde gemeente. In figuur 11 pagina 50 kunnen de dummyvariabelen voor de verschillende gemeentes ondergebracht worden in de categorie van eigendomskenmerken. Het al dan niet toebehoren aan een bepaalde gemeente kan immers aanschouwd worden als een intrinsiek kenmerk dat altijd bij die grond zal horen en nooit verandert.

Tabel 9: Gemiddelde, geïnflateerde verkoopprijs in euro/m² (periode 2000-2011). Eigen berekening.

Gemeente\Oppervlakte	<5.000 m²	>5.000 m²
Balen	2,41	1,67
Hamont-Achel	2,73	2,44
Hechtel-Eksel	2,50	1,72
Lommel	2,93	2,14
Mol	2,56	1,99
Neerpelt	2,64	2,33
Overpelt	3,13	2,40

In huidig hoofdstuk werden tot nu toe de verschillende variabelen besproken die opgenomen worden in de te schatten regressie die de basis vormt van de hedonistische prijsanalyse. Een algemeen overzicht van deze variabelen wordt hieronder weergegeven in tabel 10. In deze tabel wordt de hoedanigheid van de verschillende variabelen duidelijk weergegeven. Ook de eenheden waarin de verschillende variabelen worden uitgedrukt, worden in deze tabel voorgesteld. In de vierde kolom, met als kolomnaam 'hypothese', wordt voor de numerieke variabelen het verwachte teken van de bijhorende coëfficiënt weergegeven. Dit geeft aan of er een negatieve of positieve relatie tussen de prijs en de betreffende variabele verwacht kan worden. Voor de verschillende dummyvariabelen werd de hypothesekolom niet ingevuld aangezien de effecten van verschillende dummy's horende bij dezelfde variabele van elkaar kunnen verschillen. Verklarende variabelen die niet opgenomen zijn in tabel 10, maar in huidig onderzoek wel een invloed zouden kunnen hebben op de prijs van landbouwgrond, zijn bijvoorbeeld de erosiegevoeligheid, het onderscheid tussen teelt- en weidegrond en de afstand tot een bepaald natuurgebied. Deze variabelen worden niet opgenomen in de uit te voeren analyse doordat de verzamelde data te beperkt zijn, de variabelen in kwestie zeer moeilijk te meten zijn, de variabelen gewoonweg niet bekend zijn of doordat ze niet relevant zijn in huidig onderzoeksgebied. Voor verschillende landbouwgronden was het bijvoorbeeld onmogelijk om ze in te delen in de categorie van teeltgrond of weidegrond. Ook de afstand tot een natuurgebied kon niet bepaald worden door het ontbreken van een centraal punt. Hoewel het bij de afstand tot een gemeentelijk centrum mogelijk was om een centraal punt te definiëren, was dit niet het geval voor een natuurgebied. Daardoor werd ervoor gekozen om deze variabele niet op te nemen. Voor bepaalde variabelen, zoals erosiegevoeligheid, kan daarenboven aangenomen worden dat zij dezelfde waarden aannemen in het gehele onderzoeksgebied. Hierdoor brengen zij geen onderscheidend vermogen bij aan huidige analyse. Hoewel variabelen zoals de afstand tot een natuurgebied en het onderscheid tussen teelt- en weidegrond een invloed zouden kunnen uitoefenen op de prijs van landbouwgrond, kan dan ook besloten worden dat de variabelen die weergegeven worden in tabel 10, die variabelen zijn die de belangrijkste invloed hebben op de prijs van landbouwgrond, gelegen in het onderzoeksgebied.

Tabel 10: Overzicht van de opgenomen variabelen.

Type	Benaming	Eenheid	Hypothese	Soort
Afhankelijk	Prijs	€/m ²	\	Numeriek
Onafhankelijk	Cadmiumconcentratie	mg kg ⁻¹ bodem	-	Numeriek
Onafhankelijk	Afstand tot verontreinigingsbron	meter	+	Numeriek
Onafhankelijk	Oppervlakte	m ²	-	Numeriek
Onafhankelijk	Afstand tot gemeentelijk centrum	meter	-	Numeriek
Onafhankelijk	Bevolkingsdruk	adressen	+	Numeriek

Onafhankelijk	Grondmobiliteit	verkopen	-	Numeriek
Onafhankelijk	Bestemmingstype	\	\	Dummy
Onafhankelijk	Bodemtype	\	\	Dummy
Onafhankelijk	Jaar	\	\	Dummy
Onafhankelijk	Gemeente	\	\	Dummy

In het volgende hoofdstuk zal overgegaan worden tot het schatten van de hedonistische prijsvergelijking die reeds in hoofdstuk 5 op pagina 63 algemeen werd weergegeven. Voor alle duidelijkheid wordt deze vergelijking hieronder nogmaals voorgesteld.

$$\begin{aligned}
 GEINPR_MKW = & \beta_0 + \beta_1 GEM_CD + \beta_2 AFST_FABR + \beta_3 OPPERVLAKT + \beta_4 AFST_CENTR + \beta_5 BEVDR + \beta_6 GRMOB + \\
 & \beta_7 TYP0901 + \beta_8 TYP0102 + \beta_9 TYP0701 + \beta_{10} TYP0100 + \beta_{11} TYP0105 + \beta_{12} TYP1200 + \beta_{13} TYP0600 + \beta_{14} TYP0200 + \beta_{15} TYP0910 + \beta_{16} TYP0500 + \beta_{17} TYP0800 + \beta_{18} TYP0702 + \beta_{19} TYP0810 + \beta_{20} TYP1630 + \beta_{21} TYP1002 + \beta_{22} TYP0402 + \beta_{23} VOCHT_ZAND + \beta_{24} VOCH_Z_ANT + \beta_{25} VOCH_ZLEEM + \beta_{26} NAT_ZAND + \beta_{27} NAT_Z_ANTR + \beta_{28} NAT_ZLEEM + \beta_{29} VEEN + \beta_{30} ANTROPOGEE + \beta_{31} JAAR04 + \beta_{32} JAAR05 + \beta_{33} JAAR06 + \beta_{34} JAAR07 + \beta_{35} JAAR08 + \beta_{36} JAAR09 + \beta_{37} JAAR10 + \beta_{38} BALEN + \beta_{39} HECHTEL_EK + \beta_{40} LOMMEL + \beta_{41} MOL + \beta_{42} NEERPELT + \beta_{43} OVERPELT + \mu
 \end{aligned}$$

De vergelijking die hierboven weergegeven wordt, vormt een soort van basisvorm waarvan vertrokken wordt. In hoofdstuk 7 wordt immers nagegaan hoe deze basisvorm aangepast dient te worden opdat de uiteindelijk verkregen regressie de beste resultaten weergeeft en voldoet aan alle voorwaarden die de OLS-methode vooropstelt op gebied van statistische besluitvorming (geen multicollineariteit, normaal verdeelde fouttermen en homoskedasticiteit). Volgend op voorgaande redenering is het bijvoorbeeld mogelijk dat het logaritme van één of meerdere numerieke variabelen in de regressie opgenomen zal worden. Daarenboven is het mogelijk dat bepaalde variabelen nog weggelaten zullen worden wanneer bijvoorbeeld blijkt dat er teveel multicollineariteit aanwezig is. Ook is het mogelijk dat de regressie nog aangepast dient te worden zodat rekening gehouden kan worden met ruimtelijke effecten. Of deze effecten daadwerkelijk aanwezig zijn in huidig onderzoek dient echter eerst nagegaan te worden door middel van enkele testen. Hoe dit allemaal in zijn werk gaat, wordt besproken in het volgende hoofdstuk.

Vooraleer verder te gaan met het volgende hoofdstuk, worden in tabel 11 de namen van de verschillende variabelen die in bovenstaande vergelijking worden weergegeven, verklaard. Om aan de vereisten van GeoDa op gebied van data input te voldoen, was het nodig om de verschillende benamingen die weergegeven worden in tabel 10, om te vormen naar namen die bestaan uit maximaal tien tekens. Het afkorten van de variabelen zorgt er tevens voor dat de hedonistische regressie die geschat zal worden, niet onoverzichtelijk lang wordt en dus duidelijker interpreteerbaar is. In tabel 11 wordt voor elke variabele een beschrijving weergegeven die toelaat dat de naam van de betreffende variabele begrepen kan worden. Daardoor vormt de tabel een

nuttig hulpmiddel bij het begrijpen van de geschatte regressie en de bijhorende coëfficiënten. Rekening houdend met de dummy variable trap, wordt er voor elk soort dummyvariabele één dummy weggelaten. De namen van die dummy's die als referentie beschouwd worden, worden in tabel 11 onderstreept. De onderstreepte namen zullen dan ook niet terug te vinden zijn in de regressies die geschat zullen worden.

Tabel 11: Identificatie en beschrijving van variabelen.

Naam	Beschrijving
GEINPR_MKW	Geïnflateerde prijs per m ² die voor landbouwgrond betaald wordt
GEM_CD	Gemiddelde cadmiumconcentratie aanwezig in de bodem
AFST_FABR	Afstand van een perceel grond tot de dichtstbijzijnde fabriek
OPPERVLAKT	Oppervlakte van landbouwgrond
AFST_CENTR	Afstand van een perceel tot het dichtstbijzijnde centrum
BEVDR_1000	Hoeveelheid adressen in een bepaalde straal rondom het perceel
GRMOB*	Hoeveelheid transacties in een bepaalde straal rondom het perceel
<u>TYP0900</u>	Agrarisch gebied
TYP0901	Landschappelijk waardevol agrarisch gebied
TYP0910	Agrarisch gebied met ecologisch belang
TYP0100	Woongebied
TYP0102	Woongebied met landelijk karakter
TYP0105	Woonuitbreidingsgebied
TYP0701	Natuurgebied
TYP0702	Natuurgebied met wetenschappelijke waarde / reservaat
TYP0800	Bosgebied
TYP0810	Bosgebied met ecologisch belang
TYP0200	Gebied voor gemeenschapsvoorziening / openbaar nut
TYP0402	Gebied voor verblijfsrecreatie
TYP0500	Parkgebied
TYP0600	Bufferzone
TYP1002	Milieubelastend industriegebied
TYP1200	Ontginningsgebied
TYP1630	Gebied voor vestiging van kerninstallaties
<u>DROOG_ZAND</u>	Droog zand
VOCHT_ZAND	Vochtig zand

VOCH_Z_ANT	Vochtig zand antropogeen
VOCH_ZLEEM	Vochtig zandleem
NAT_ZAND	Nat zand
NAT_Z_ANTR	Nat zand antropogeen
NAT_ZLEEM	Nat zandleem
VEEN	Veen
LANDDUIN	Landduin
ANTROPOGEE	Antropogeen (door de mens beïnvloed)
JAAR04	Jaar 2004
JAAR05	Jaar 2005
JAAR06	Jaar 2006
JAAR07	Jaar 2007
JAAR08	Jaar 2008
JAAR09	Jaar 2009
JAAR10	Jaar 2010
<u>JAAR11</u>	Jaar 2011
BALEN	Gemeente Balen
<u>HAMONT_ACH</u>	Gemeente Hamont-Achel
HECHTEL_EK	Gemeente Hechtel-Eksel
LOMMEL	Gemeente Lommel
MOL	Gemeente Mol
NEERPELT	Gemeente Neerpelt
OVERPELT	Gemeente Overpelt

* De naam van deze variabele kan in de uiteindelijke analyse nog enigszins wijzigen, aangezien de bijhorende straal nog aan de naam van de variabele toegevoegd wordt (bijvoorbeeld: GRMOB_1000).

Hoofdstuk 7: De invloed van cadmiumverontreiniging en andere factoren op de prijs van landbouwgrond

7.1 Gegevensverzameling en bewerking van de dataset

Om een hedonistische prijsanalyse uit te kunnen voeren waarbij statistisch significante resultaten bekomen worden, is het noodzakelijk dat er een voldoende grote dataset samengesteld wordt. Deze dataset moet bestaan uit gegevens van landbouwgronden met betrekking tot elk van de variabelen die opgenomen kunnen worden in de analyse. Om een zo groot mogelijke dataset te verkrijgen, werd er getracht van alle landbouwgronden in de dataset op te nemen die vanaf 2000 verkocht werden in een gemeente die deel uitmaakt van het onderzoeksgebied. Het totaal aantal verkopen van landbouwgronden uit die periode en dat gebied vormt meteen ook het maximum aantal data dat verzameld kan worden. Het is immers noodzakelijk dat er op elke landbouwgrond waarvan gegevens verzameld worden, een prijs geplakt kan worden. De zoektocht naar reële prijsgegevens van verkochte landbouwgronden viel niet mee. Een factor die de zoektocht bemoeilijkte, was het feit dat voor huidig onderzoek gegevens op individueel niveau vereist zijn, die door sommige instanties als vertrouwelijk beschouwd worden. Naast prijsgegevens moeten ook de oppervlakte, de datum van verkoop en de ligging van de betreffende landbouwgrond gekend zijn. De andere variabelen waarvan in het vorige hoofdstuk sprake was, kunnen bepaald en toegevoegd worden op basis van de ligging van de landbouwgronden.

Het komen tot een voldoende grote dataset met ondermeer verkoopprijzen van landbouwgronden, blijkt in Vlaanderen een moeilijke, nagenoeg onmogelijke taak te zijn (Dirk Bergen 2011). Dit werd aan den lijve ondervonden tijdens de zoektocht naar prijsgegevens. De complexiteit is overigens enigszins opmerkelijk omdat landbouwgrond toch een voor de landbouw erg belangrijke productiefactor vormt. Over de problematiek kan er dan ook een serieuze beleidsaanbeveling geschreven worden, waarin verwezen kan worden naar de Nederlandse situatie. In Nederland worden dergelijke gegevens immers mooi gecategoriseerd, opgeslagen en gepubliceerd. Getrouwheidsproblemen doen zich daar dan ook minder voor.

Hoewel het een moeilijke taak was, konden er uiteindelijk toch voldoende gegevens verzameld worden. De verkregen gegevens waren in eerste instantie echter niet allemaal betrouwbaar en volledig. Na samenvoeging van de data die op verschillende manieren verkregen werden, telde de dataset 609 verkopen van landbouwgrond met meer specifieke informatie over de ligging, de prijs, de datum van verkoop en de oppervlakte. Aan de betrouwbaarheid van deze gegevens kon echter getwijfeld worden doordat de prijs per m² van sommige landbouwgronden te hoog lag. Daarom werd er besloten om op basis van een visuele inspectie die landbouwgronden weg te laten waarvan de prijs per m² hoger lag dan 100 euro. Nadat deze verwijderd waren en ook de onvolledige en niet-relevante gegevens werden weggelaten, bleven er nog 554 verkopen over.

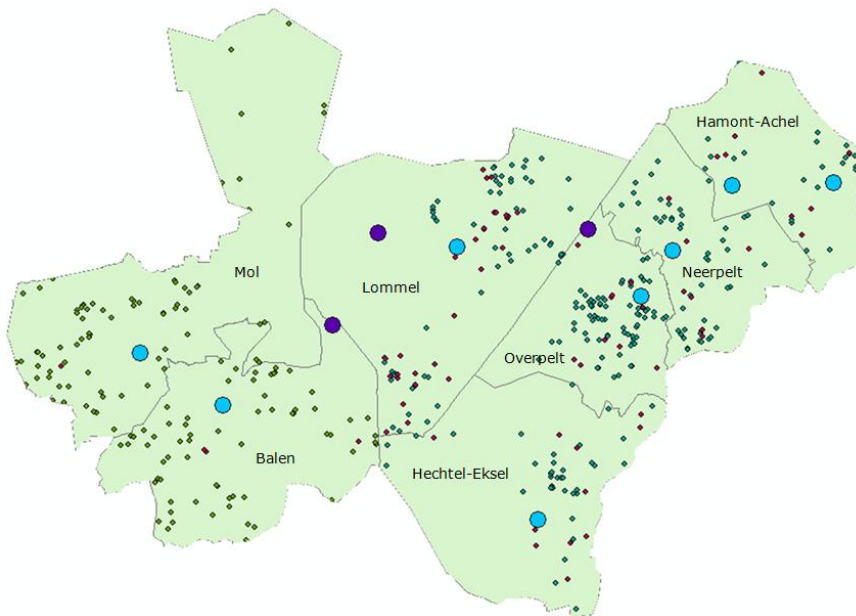
Van die 554 landbouwgronden was initieel enkel de prijs, de oppervlakte, de ligging en de datum van verkoop bekend. Zoals in vorig hoofdstuk echter aangehaald werd, zijn er nog andere variabelen die uiteindelijk in de hedonistische prijsvergelijking opgenomen dienen te worden. Het was dus nodig om deze variabelen te achterhalen en/of te voorspellen om ze zo toe te kunnen voegen aan de beschrijving van elke landbouwgrond. De dataset zou zo uiteindelijk voor elke landbouwgrond gegevens moeten bevatten op gebied van de variabelen die in tabel 10 op pagina 92 werden weergegeven.

Aangezien er nood was aan een grote verscheidenheid aan structurele en ruimtelijke data, was het verzamelen en coderen van deze data een zeer belangrijk aspect. Het programma ArcGIS was hierbij een zeer nuttig hulpmiddel. Dit programma laat immers toe van data te verzamelen, op te slaan, te manipuleren, te analyseren en te visualiseren. Daarnaast kunnen er kaarten aangemaakt worden waarop verschillende lagen van informatie gecombineerd worden. Karakteristieken van landbouwgronden kunnen zo gekoppeld worden aan percelen met behulp van ruimtelijke gegevens. Een kaart met gemeentegrenzen en straten kan zo bijvoorbeeld samengevoegd worden met kadastrale kaarten die zones en sectienummers bevatten. Op basis van deze gegevens kon de exacte ligging van een bepaald perceel nagegaan worden en konden de geografische coördinaten van elke landbouwgrond gegenereerd worden. Deze geografische coördinaten maakten het mogelijk om gegevens in verband met de afstandsvariabelen te genereren. De unieke coördinaten van een bepaalde landbouwgrond laten immers toe van de afstand te bepalen van dat punt tot het dichtstbijzijnde gemeentelijk centrum of de dichtstbijzijnde fabriek.

Het is door het combineren van verschillende lagen (kaarten) van gegevens, dat de overige, benodigde informatie voor elke landbouwgrond verkregen kon worden. Om het bodemtype te achterhalen, werd een kaart met daarop de landbouwgronden samengevoegd met een kaart waarop een indeling op gebied van bodemsoort wordt gemaakt. Door deze samenvoeging kon voor elke individuele landbouwgrond nagegaan worden welk soort bodem er bij die landbouwgrond hoort. Op die manier kon er ook een uitspraak gedaan worden over het bestemmingstype, door de kaart met landbouwgronden samen te voegen met het gewestplan. Voor het bepalen van de aanwezige cadmiumconcentratie en de mate van bevolkingsdruk rondom een bepaalde landbouwgrond, werden respectievelijk cadmium voorspellingskaarten en adressenkaarten gebruikt. De cadmium voorspellingskaarten zijn, zoals reeds eerder vermeld werd, gebaseerd op een database van 11.885 steekproefmetingen die uitgevoerd werden in het onderzoeksgebied. Aan de hand van die database konden voorspellingskaarten aangemaakt worden met ArcGIS, op basis waarvan de cadmiumconcentratie die zich in de bodem van een bepaalde landbouwgrond bevindt, voorspeld kan worden. De bevolkingsdruk in een straal van 1.000 meter rondom een landbouwgrond werd berekend door op de adressenkaart na te gaan hoeveel adressen er in dat gebied gelegen zijn. Ook gegevens met betrekking tot de grondmobiliteit rondom een landbouwgrond werden op een gelijkaardige manier gegenereerd. De schattingen op gebied van bevolkingsdruk en grondmobiliteit werden pas in een latere fase van het onderzoek uitgevoerd. De

beperkte gevolgen van deze latere toevoeging op de uitwerking van huidig onderzoek, komen verderop nog ter sprake.

Bij het daadwerkelijk koppelen van unieke geografische coördinaten aan elk van de verschillende landbouwgronden, deden zich enkele problemen voor. Vooral de manier waarop de ligging van bepaalde landbouwgronden in de oorspronkelijke dataset was opgenomen, zorgde voor de nodige problemen. Aangezien voor sommige landbouwgronden immers enkel een gehucht- of straatnaam beschikbaar was, kon de unieke geografische locatie niet bepaald worden. De gehuchtnaam was dan ofwel te historisch, waardoor deze niet meer op recente, digitale kaarten aanwezig is, ofwel was het gehucht gewoon te groot waardoor er aan bepaalde landbouwgronden geen unieke locatie kon toegewezen worden. Dit was ook zo voor straatnamen. Vooral wanneer deze straten nogal lang waren, was het onmogelijk om voor die betreffende landbouwgronden een unieke locatie te vinden. De landbouwgronden waarbij deze problemen zich voordeden, werden dan ook uit de dataset verwijderd. Dit was het geval voor 99 van de 554 verkopen. De overgebleven 455 landbouwgronden worden hieronder op figuur 16 weergegeven als puntjes. Op deze figuur worden de gemeentelijke centra (acht stuks, doordat Hamont en Achel beide als centrum aanschouwd worden) weergegeven door middel van blauwe bollen. De paarse bollen stellen de zinkfabrieken voor die gelegen zijn in Balen en Overpelt. Ook de zinkfabriek die gelegen was in Lommel, wordt op onderstaande figuur weergegeven.

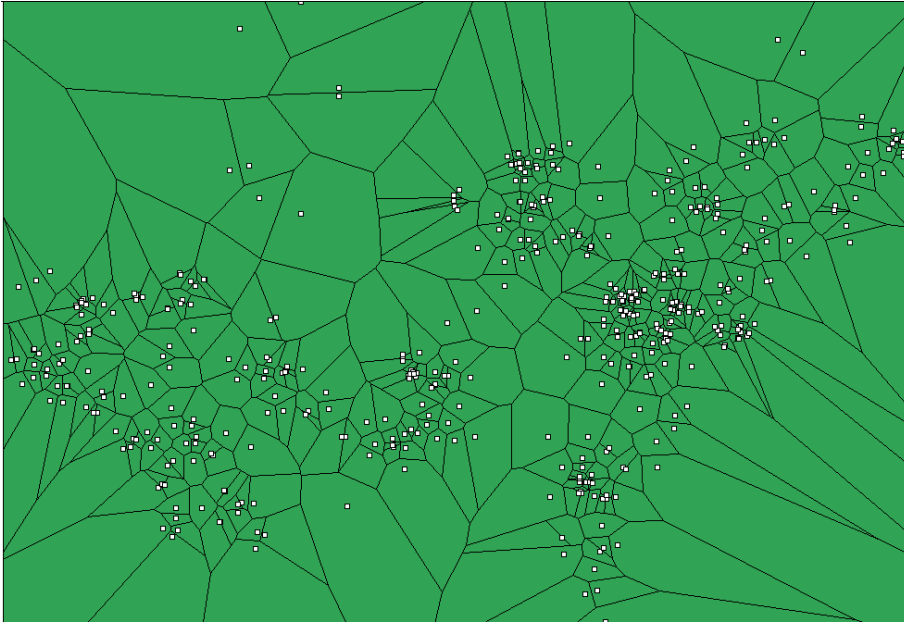


Figuur 16: 455 landbouwgronden in het onderzoeksgebied.

De 455 gegevens die uiteindelijk overbleven, konden ingevoerd worden in het programma GeoDa. Bij een nadere visuele inspectie van de gegevens bleek echter dat de toewijzing van bepaalde variabelen aan bepaalde landbouwgronden op een foutieve manier plaatsvond. Zo viel het in de dataset bijvoorbeeld op, bij een grond gelegen in Hamont-Achel, dat het dichtstbijzijnde

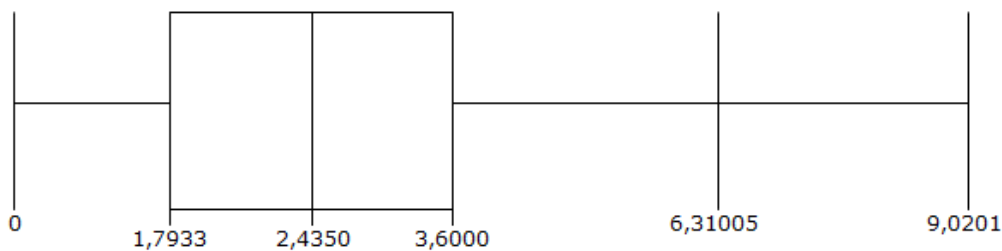
gemeentelijk centrum dat van Overpelt bleek te zijn. Uitgaande van figuur 16 is dit natuurlijk niet mogelijk. De gemeente Neerpelt ligt er immers sowieso nog tussenin. Soms is het zo dat het dichtstbijzijnde gemeentelijk centrum niet het centrum is van de gemeente waar de landbouwgrond effectief gelegen is. Dit kan bijvoorbeeld voorkomen bij gronden die in het uiterste noorden van Overpelt gelegen zijn. Aangezien deze gronden dicht bij het centrum van Neerpelt liggen dan bij het centrum van Overpelt zelf, wordt het dichtstbijzijnde gemeentelijk centrum voor deze gronden aangeduid als het centrum van Neerpelt. Op zich vormt dat natuurlijk geen probleem. Het is namelijk de afstand tot één of ander gemeentelijk centrum, het dichtstbijzijnde, die in huidig onderzoek van belang is. De oorzaak van het foutief toewijzen van variabelen aan bepaalde gronden is het feit dat de unieke, geografische locatie van die gronden niet correct is. Doordat de oorzaak hiervan op zijn beurt reeds aanwezig kan zijn in de dataset waarvan initieel vertrokken werd, werd ervoor gekozen de betreffende landbouwgronden weg te laten uit de dataset. Dit was overigens slechts het geval voor vier gronden. Zodoende bleven er nog 451 landbouwgronden over in de dataset. Deze 451 gegevens kunnen weergegeven worden als punten op een kaart. Op die manier wordt een figuur verkregen die gelijkaardig is aan figuur 16.

Voor visuele interpretaties is het handiger om te werken met zogenaamde polygonen. Deze polygonen kunnen aan de hand van de Thiessen polygoon methode verkregen worden. Bij deze methode worden punten op een kaart omgezet in aansluitende polygonen aan de hand van de ligging van elke van deze punten. De polygonen die zo gecreëerd worden, hebben elk het unieke kenmerk dat ze allen slechts één inputpunt bevatten. Daar komt nog bij dat elke locatie binnen een polygoon dicht bij het bijhorende inputpunt ligt dan bij om het even welk inputpunt. Het creëren van polygonen laat toe van het onderzoeksgebied overzichtelijk voor te stellen en zal later ook nog van pas komen bij het voorstellen van de outliers en bij het opstellen van de gewichtenmatrix. De verschillende polygonen die gevormd werden, worden in figuur 17 weergegeven. Op deze figuur worden de 451 landbouwgronden weergegeven als witte punten. De polygonen die gevormd werden door middel van de Thiessen polygoon methode, worden voorgesteld als groene, aaneensluitende vlakken. Het is belangrijk om in te zien dat de vorm van de vlakken die worden weergegeven op figuur 17, niet overeenstemt met de werkelijke vorm van de landbouwgronden. Op figuur 17 is het immers zo dat de vlakken gevormd worden, enkel en alleen om de verschillende punten of landbouwgronden aan elkaar te doen grenzen. De polygonen overlappen dan ook het gehele onderzoeksgebied, dat natuurlijk niet enkel bestaat uit landbouwgrond.



Figuur 17: Onderzoeksgebied met polygonen.

Omdat er een hedonistische prijsvergelijking met betrouwbare coëfficiënten geschat dient te worden, werd er nagegaan of de dataset (bestaande uit 451 verkopen) gegevens bevatte die als outliers beschouwd konden worden. Hoewel er reeds visueel werd nagegaan welke prijzen per m² onrealistisch hoog waren, diende dit ook te gebeuren aan de hand van een statistische analyse. Het is belangrijk om de outliers weg te laten, omdat zij anders de resultaten op de één of andere manier zouden kunnen beïnvloeden. Van statistisch betrouwbare resultaten zou dan ook geen sprake zijn. Om na te gaan welke gronden op gebied van geïnflateerde prijs per m² als outlier beschouwd kunnen worden, werd er een boxplot gegenereerd met behulp van GeoDa. Deze boxplot wordt in vereenvoudigde vorm weergegeven op onderstaande figuur.



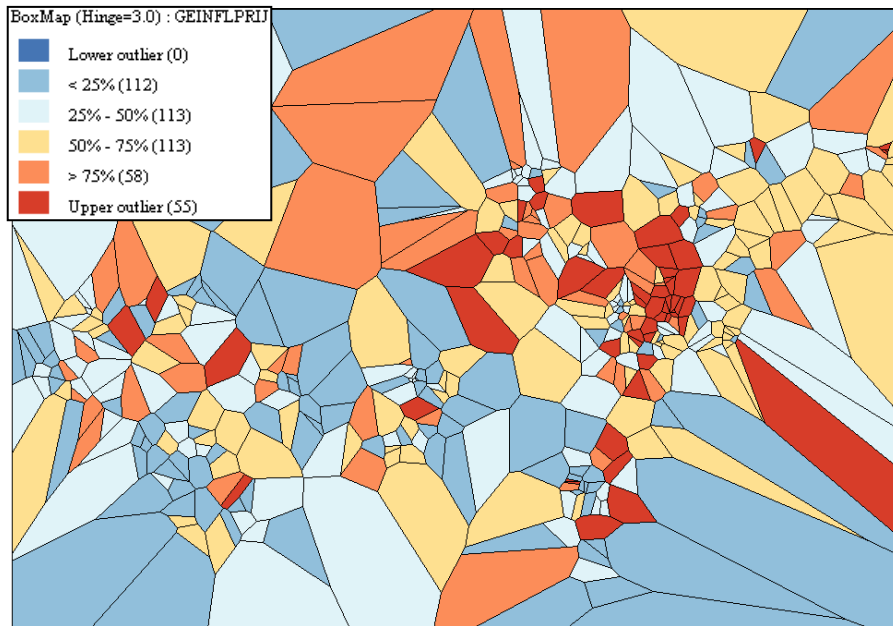
Figuur 18: Boxplot van geïnflateerde prijs per m².

De reden waarom niet de boxplot van GeoDa rechtstreeks in huidig document opgenomen wordt, is het feit dat daarop niet veel te zien valt doordat er zeer veel waarden in het linkse gedeelte van de boxplot gelegen zijn. Aangezien er echter ook grote waarden voorkomen en deze ook op de boxplot worden aangeduid, wordt de boxplot die GeoDa genereert als het ware in elkaar gedrukt aan de linkerkant. De verschillende lijnen die de kwartielen en de mediaan voorstellen, vallen daardoor zo goed als op elkaar, waardoor een duidelijke interpretatie bemoeilijkt wordt. Daarmee samenhangend dient benadrukt te worden dat de afstanden tussen de lijnen die weergegeven

worden op figuur 18, niet in verhouding staan tot elkaar. Deze boxplot werd enkel aangemaakt opdat de verticale duidelijk van elkaar onderscheiden kunnen worden. Daardoor kunnen ook de waarden die bij deze lijnen horen, duidelijk worden weergegeven. De interpretatie van de verschillende waarden die op figuur 18 worden weergegeven, gaat als volgt: waarden die liggen tussen 6,31005 en 9,0201 euro per m² worden beschouwd als 'zwakke outliers'. De waarden die gelegen zijn boven 9,0201 euro per m², worden beschouwd als 'sterke outliers'. Dit zijn waarden die meer dan drie keer de interkwartielafstand ($=1,8067$) boven het derde kwartiel ($=3,6000$) gelegen zijn. Zoals verder te zien valt op bovenstaande boxplot, is de mediaan gelijk aan 2,4350 euro per m². Het is belangrijk om in te zien dat het hier om geïnflateerde prijzen gaat. Het zijn dus de geïnflateerde prijzen per m² die onderworpen werden aan een statistische test op basis waarvan de outliers worden aangeduid. Het inflateren zorgt ervoor dat er een stabiele vergelijkingsbasis ontstaat op basis waarvan de outliers aangeduid kunnen worden.

In huidig onderzoek worden de sterke outliers weggelaten bij het uitvoeren van de analyse. Enkel de sterke outliers werden weggelaten aangezien het in de praktijk wel degelijk kan voorkomen dat een landbouwgrond verkocht wordt voor een prijs die hoger is dan normaal. Als er in de dataset gekeken wordt naar landbouwgronden waarvan de geïnflateerde prijs per m² hoger is dan 9,0201 euro, zouden er eigenlijk slechts 53 gronden wegvallen. GeoDa geeft echter aan dat 55 gronden als sterke outlier beschouwd kunnen worden. De twee gronden die hier het verschil maken, zijn gronden waarvan de geïnflateerde prijs per m² ongeveer 9,008 euro is. Omdat het verschil met 9,0201 euro per m² klein is, kan aangenomen worden dat het verschil zich voordoet door het maken van afrondingen. In huidig onderzoek wordt er dan ook voor gekozen om GeoDa te volgen en dus 55 outliers te laten wegvallen. Na het weglaten van deze outliers, blijven er nog 396 verkopen over.

Om een visueel beeld te kunnen krijgen van de verspreiding van de outliers, wordt er in figuur 19 een zogenaamde boxmap weergegeven. De in het rood aangeduide percelen stellen de sterke outliers voor. De in het oranje aangeduide percelen stellen de zwakke outliers voor, die behouden blijven voor het uitvoeren van de analyse. Zoals op onderstaande figuur te zien valt, bevinden de sterke outliers zich voornamelijk rondom het centrum van Overpelt. Dit viel min of meer te verwachten doordat de categorisering van de gegevens die verkregen werden voor deze gemeente, niet altijd even accuraat verliep. Daardoor is het mogelijk dat de outliers betrekking hebben op stukken bouwgrond, waarvan de geïnflateerde prijs per m² natuurlijk veel hoger ligt.



Figuur 19: Boxmap met outliers.

Zoals vermeld, werden er nog nuttige, bijkomende variabelen geïdentificeerd nadat de boxplot en de bijhorende boxmap opgesteld waren. Meer bepaald zijn dit de variabelen waarmee de grondmobiliteit en de bevolkingsdruk in een bepaalde straal rondom de landbouwgrond in rekening worden gebracht. De twee variabelen werden pas in tweede instantie door middel van ArcGIS aan elk van de individuele landbouwgronden gekoppeld. Een probleem bij deze bijkomende variabelen deed zich voor bij het aanmaken van de variabele grondmobiliteit. Omdat er bij deze variabele nagegaan wordt hoeveel landbouwgronden er in het jaar van verkoop in een bepaalde straal rondom de betreffende landbouwgrond verkocht zijn, is het belangrijk dat er voldoende gegevens beschikbaar zijn voor elk opgenomen jaar. Wanneer er immers niet voldoende gegevens aanwezig zouden zijn voor een bepaald jaar, zou dit een vertekend beeld geven in de analyse. De grondmobiliteit rondom een bepaalde landbouwgrond die verkocht werd in een jaar waarvan er slechts weinig gegevens beschikbaar zijn, zou zo immers sterk onderschat worden, hetgeen vertekende resultaten tot gevolg zou hebben. Daarom werd er gekeken naar de hoeveelheid gegevens die voor ieder jaar in de volledige dataset aanwezig is. Deze hoeveelheid bleek vooral voor de eerste vier jaren ondermaats te zijn (2000, 2001, 2002 en 2003). Voor deze jaren zijn er respectievelijk slechts vijf, tien, zes en drie gegevens aanwezig in de dataset. Omdat deze beperkte aantallen ervoor zouden kunnen zorgen dat de grondmobiliteit rondom landbouwgronden, verkocht in één van die vier jaren sterk onderschat wordt, werd dan ook beslist van de eerste vier jaren uit de dataset weg te laten. Dit is ook gunstig voor de interpretatie van de dummyvariabelen waarmee de verschillende jaartallen worden voorgesteld. Na het weglaten van de eerste vier jaren bleven er uiteindelijk van de 396 gegevens nog 372 gegevens over. Hoewel de outliers eigenlijk opnieuw bepaald zouden moeten worden op basis van de volledige dataset (451 gegevens) waarin de eerste vier jaren worden weggelaten, werd ervoor geopteerd om dit toch niet te doen. De grens op basis waarvan er dan outliers weggelaten zouden worden, zou immers 9,3239 euro per m²

bedragen. Omdat de grens die hierboven bepaald werd op basis van de volledige dataset (9,0201 euro per m²) lager ligt dan de grens die berekend zou worden wanneer de eerste vier jaren worden weggelaten, wordt er eigenlijk sowieso strenger omgesprongen met de outliers. De outliers die op basis van de grens van 9,3239 euro per m² weggelaten zouden moeten worden, worden dan ook in elk geval weggelaten wanneer de grens van 9,0201 euro per m² behouden blijft. Het uiteindelijke, totale aantal gegevens in de dataset zou bovendien slechts twee gegevens hoger liggen wanneer de hogere grens toegepast zou worden. Omdat de kans zo goed als onbestaande is dat deze twee gegevens veel invloed hebben op de resultaten, wordt ervoor gekozen om de eerste vier jaren gewoon weg te laten uit de dataset die bestaat uit 396 gronden. Daar komt nog bij dat de nodige inspanningen (alle variabelen aangemaakt met behulp van ArcGIS zouden opnieuw bepaald moeten worden) niet in verhouding zouden staan tot de meerwaarde die deze inspanningen met zich mee zouden brengen. De hoeveelheid gegevens waarmee verder gewerkt zal worden in de rest van dit hoofdstuk, bedraagt dan ook 372.

7.2 Verkennende data-analyse

7.2.1 Beschrijvende statistieken

Om een idee te kunnen vormen over de range van waarden die de verschillende variabelen kunnen aannemen, is het nuttig om voor de variabelen beschrijvende informatie weer te geven. In bijlage 2 wordt voor iedere variabele het gemiddelde, de standaardafwijking, de minimumwaarde en de maximumwaarde weergegeven. Vooral de gemiddeldes van de numerieke variabelen zullen verderop nog van pas komen bij de bespreking van de invloeden van bepaalde variabelen op de prijs van een gemiddelde landbouwgrond (gemiddeld in termen van de waarden van de numerieke variabelen).

Uit de tabel, opgenomen in bijlage 2, valt af te leiden dat de gemiddelde, geïnflateerde prijs 2,5572 euro per m² landbouwgrond bedraagt. De maximale, reële prijs in de dataset bedraagt 8,86 euro per m² landbouwgrond. Dit is logisch aangezien alles boven 9,0201 euro per m² als outlier beschouwd werd en dus werd weggelaten. De gemiddelde cadmiumconcentratie bedraagt 1,0990 mg kg⁻¹ bodem. Deze gemiddelde concentratie is relatief laag te noemen. Verder ligt een landbouwgrond gemiddeld genomen 6.760,3844 meter verwijderd van de dichtstbijzijnde verontreinigde fabriek en bedraagt de gemiddelde oppervlakte van een landbouwgrond 17.472,8360 m², ofwel 1,7 hectaren. Het dichtstbijzijnde centrum ligt gemiddeld minder ver dan de dichtstbijzijnde fabriek, hetgeen logisch is aangezien er meer gemeentelijke centra voorkomen dan fabrieken. De gemiddelde afstand van een landbouwgrond tot het dichtstbijzijnde gemeentelijk centrum bedraagt 3.228,2984 meter. In een straal van 1.000 meter rondom een landbouwgrond, bevinden zich gemiddeld 457,6801 adressen. Belangrijk hierbij om te vermelden is dat dit slechts een benadering vormt van bevolkingsdichtheid. Er kan verwacht worden dat de gemiddelde bevolkingsdichtheid in een straal van 1.000 meter rondom een bepaalde landbouwgrond hoger is dan de gemiddelde bevolkingsdruk. Op gebied van grondmobiliteit is het tenslotte zo dat er

gemiddeld genomen ongeveer negen gronden verkocht worden in een straal van 5.000 meter¹² rondom een landbouwgrond, in het jaar dat die landbouwgrond verkocht wordt.

Ook de gemiddeldes van de dummyvariabelen leveren nuttige informatie op. Uit de gemiddeldes valt af te leiden welke categorieën van bepaalde dummyvariabelen het meeste voorkomen in de dataset. Voor de dummyvariabele waarmee de verschillende bestemmingstypes worden voorgesteld, is dit overduidelijk het type 0900 (agrarisch gebied), gevolgd door type 0901 (landschappelijk waardevol agrarisch gebied) en type 0701 (natuurgebied). Wat overigens nog opvalt wanneer er gekeken wordt naar de dummyvariabelen van de verschillende bestemmingstypes, is dat er voor negen van de zeventien dummyvariabelen slechts één of twee observaties beschikbaar zijn, hetgeen zeer weinig is. Hiermee zal dan ook zeker rekening gehouden moeten worden bij het uitvoeren van de hedonistische prijsanalyse, hetgeen in paragraaf 7.3 van huidig hoofdstuk plaatsvindt. Als categorie bij de dummyvariabele waarmee verschillende bodemtypes worden voorgesteld, komt vochtig zand het meeste voor, gevolgd door nat zand, droog zand en vochtig zand antropogeen. Op gebied van jaartallen hebben de meeste gegevens betrekking op 2009, gevolgd door 2010 en 2006. De gemeentes die ten slotte het meeste voorkomen in de dataset, zijn Balen, Lommel en Mol. In bijlage 2 zijn de namen van de dummy's die als referentie dienen, onderstreept.

7.2.2 Correlaties

In huidig onderzoek is het de bedoeling om te gaan in hoeverre bepaalde variabelen met elkaar samenhangen. Een voorbeeld hiervan is de mate van samenhang tussen de prijs van landbouwgrond en de afstand tot de dichtstbijzijnde fabriek. Voor het analyseren van dergelijke verbanden wordt meestal gebruik gemaakt van correlaties en van regressieanalyse. Tussen beide methodes bestaat er een groot verschil. Door het berekenen van correlaties kan nagegaan worden wat de relatie is tussen twee variabelen. De uitkomst, ofwel de correlatiecoëfficiënt, ligt altijd tussen -1 en +1. In het geval van -1 is er sprake van een perfect negatief verband, terwijl +1 wijst op een perfect positief verband. Doordat er nagegaan kan worden welke correlaties statistisch significant zijn, kan er een uitspraak gedaan worden over die correlaties die duidelijk afwijken van nul. Aangezien correlaties al snel significant zijn in onderzoeken van grote omvang, valt het aan te raden om te kijken naar die correlaties die hoger zijn dan een bepaalde waarde. In literatuur omtrent lineaire regressieanalyse wordt aangehaald dat de bivariate correlatiecoëfficiënt een formele indicator is voor multicollineariteit. Slechts wanneer de correlatie tussen twee variabelen hoger is dan 0,60 kan er gesproken worden van een mogelijk probleem in verband met multicollineariteit (Janssens, Wijnen et al. 2008). Aangezien de correlatiemaatstaven in huidig onderzoek gebruikt zullen worden om na te gaan waar er zich mogelijke bronnen van multicollineariteit bevinden, is het de waarde 0,60 die ook in huidig onderzoek gebruikt zal worden om een uitspraak te doen over de aanwezigheid van veel of weinig correlatie.

¹² Als straal voor de variabele grondmobiliteit wordt voorlopig 5.000 meter genomen. Verdere analyse dient uit te wijzen welke straal de meest geschikte is.

Het is belangrijk om in te zien dat correlatie, hoe significant ook, niks zegt over een eventueel oorzakelijk verband tussen variabelen. Enkel op basis van correlatiecoëfficiënten valt dan ook niks te zeggen over invloeden of effecten. Wanneer de correlatie tussen de prijs van landbouwgrond en de afstand tot de dichtstbijzijnde fabriek 0,30 zou bedragen, zou dit kunnen betekenen dat de prijs van landbouwgrond 9% van de variantie in de afstand tot de dichtstbijzijnde fabriek verklaart. Dit kan echter ook totaal omgekeerd geïnterpreteerd worden: de afstand kan 9% van de variantie in de prijs verklaren. Het is dus duidelijk dat er enkel en alleen op basis van correlaties geen uitspraak gedaan kan worden over mogelijke effecten of invloeden. Het is daar waar regressieanalyse voor gebruikt dient te worden. Bij dergelijke analyse is het immers wel mogelijk van na te gaan in hoeverre een afhankelijke variabele voorspeld kan worden aan de hand van een aantal onafhankelijke variabelen. Dit wordt bij regressieanalyses gedaan door het schatten van de coëfficiënten die bij de verschillende onafhankelijke variabelen horen.

Vooraleer de regressies in de volgende paragraaf geschat zullen worden, wordt er ingegaan op de correlaties die tussen de verschillende variabelen aanwezig zijn. Het is de bedoeling om aan de hand van deze correlaties een uitspraak te doen over mogelijke bronnen van multicollineariteit. Om onderstaande tabel niet onoverzichtelijk groot te maken, worden voor alle opgenomen variabelen enkel die correlaties met andere variabelen weergegeven die in absolute waarde groter zijn dan 0,30 (de helft van het criterium 0,60). Variabelen die niet in de linkerkolom van onderstaande tabel worden opgenomen, hebben dan ook geen correlaties die in absolute waarde groter zijn dan 0,30. Bij de dummyvariabelen, vanaf TYP0100, worden enkel de correlaties met andere dummyvariabelen vermeld. Het dubbel opnemen van correlaties wordt bij de dummyvariabelen vermeden. Alle weergegeven correlaties zijn significant op het 1% significantieniveau.

Tabel 12: Pearson correlatiecoëfficiënten.

Variabele	Gecorreleerd met:		
GEM_CD	AFST_FABR: -0,594	LOMMEL: 0,563	MOL: -0,336
AFST_FABR	GEM_CD: -0,594	HECHTEL_EK: 0,372	LOMMEL: -0,454
	MOL: -0,419	OVERPELT: -0,331	
OPPERVLAKT	AFST_CENTR: 0,409	TYP0810: 0,559	
AFST_CENTR	OPPERVLAKT: 0,409	BEVDR_1000: -0,508	
BEVDR_1000	AFST_CENTR: -0,508	TYP0901: -0,315	TYP0500: 0,304
GRMOB_5000	OVERPELT: 0,509		
TYP0100	ANTROPOGEE: 0,466		
TYP0701	LANDDUIN: 0,388		
TYP0702	ANTROPOGEE: 0,312		
TYP0500	NAT_ZLEEM: 0,356		
TYP1200	ANTROPOGEE: 0,312		
VOCHT_ZAND	NAT_ZAND: -0,355		

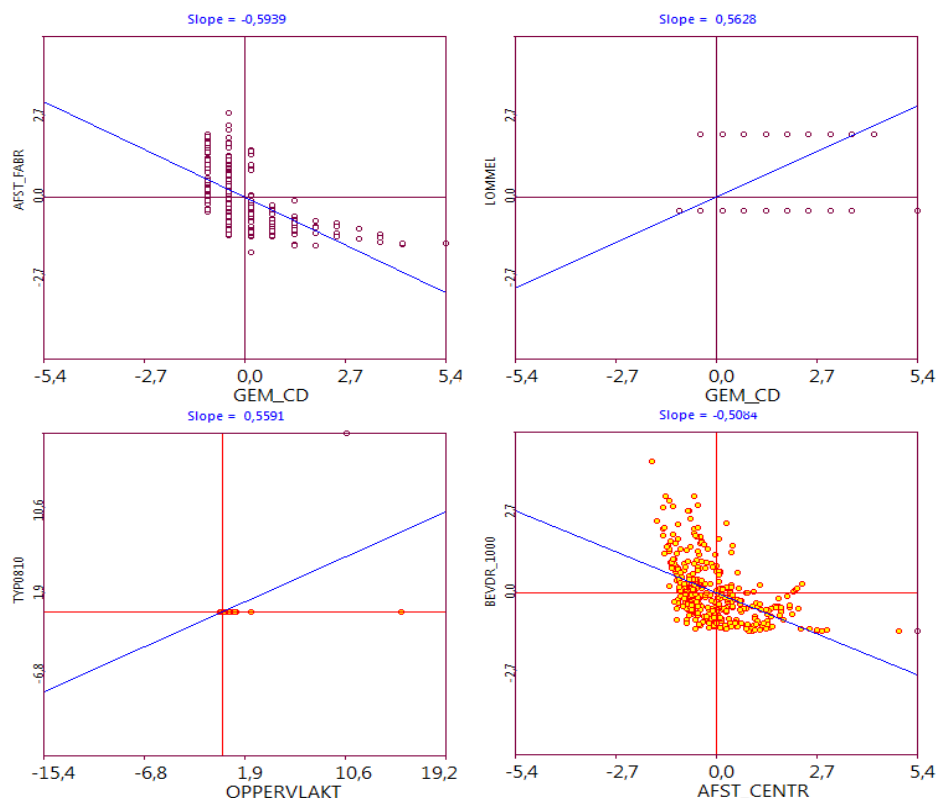
Zoals af te leiden valt uit tabel 12, bevindt de grootste (negatieve) correlatie zich tussen de variabelen GEM_CD en AFST_FABR. Een hoge waarde van GEM_CD hangt samen met een lage waarde van AFST_FABR. Dit is natuurlijk vanzelfsprekend aangezien er rondom een fabriek hogere concentraties cadmium teruggevonden worden (zie figuur 5 pagina 18). Op deze figuur kan er ook een verklaring gevonden worden voor de hoge positieve correlatie tussen de variabelen GEM_CD en LOMMEL. Op de figuur valt immers duidelijk te zien dat er in Lommel meer cadmiumverontreiniging teruggevonden wordt dan in andere gemeentes. Het is daarom dat een hoge waarde van GEM_CD samenhangt met een hoge waarde van LOMMEL. Een volgende correlatie die nogal groot is, is de positieve correlatie tussen OPPERVLAKT en TYP0810. Verderop wordt echter op basis van een grafiek waarin de correlatie wordt weergegeven, aangetoond dat de mate van correlatie tussen deze twee variabelen zeer onbetrouwbaar is. Een laatste hoge correlatie kan teruggevonden worden tussen de variabelen AFST_CENTR en BEVDR_1000. Een hoge waarde van AFST_CENTR blijkt samen te hangen met een lage waarde van BEVDR_1000. Dit is logisch aangezien verwacht kan worden dat er rondom een landbouwgrond die dicht bij een gemeentelijk centrum gelegen is, meer adressen in een straal van 1.000 meter gelegen zijn. De landbouwgrond bevindt zich dan immers dicht bij het centrum, waar de concentratie aan adressen groter is dan ver buiten het centrum. Voor de overige correlaties die in tabel 12 worden weergegeven, kan een soortgelijke uitleg gegeven worden. Aangezien de absolute waarden van deze correlaties echter ver onder een waarde van 0,60 liggen, wordt ervoor geopteerd om de uitleg over elk van deze correlaties hier niet verder weer te geven.

Hoewel de tekens van de besproken correlaties steeds logisch zijn, zijn de absolute waarden van de correlaties die in tabel 12 worden weergegeven, steeds kleiner dan 0,60. Dit duidt op het feit dat geen enkele correlatie tussen twee variabelen op een mogelijk probleem in verband met multicollineariteit wijst. Toch moet er met de mogelijke aanwezigheid van multicollineariteit rekening gehouden worden in paragraaf 7.3, waar de meest geschikte regressie op gebied van significantie en tekens van coëfficiënten gezocht wordt, vertrekkende van de basisvorm. Hierbij is het zeer belangrijk dat de uiteindelijk verkozen regressie voldoet aan de voorwaarden die de OLS-methode vooropstelt op gebied van statistische besluitvorming. Wanneer er op een gegeven moment teveel multicollineariteit zou opduiken, moet er naar oplossingen gezocht worden zoals het weglaten van bepaalde variabelen die in tabel 12 een sterke correlatie vertonen met andere variabelen.

Op onderstaande figuur, aangemaakt met GeoDa, worden de vier hoogste correlaties uit bovenstaande tabel grafisch weergegeven. Het zijn deze correlaties die in bovenstaande tekst uitgelegd werden. De figuur bestaat uit vier grafieken of vier zogenaamde correlatieplots. Elk van deze grafieken bevat op zijn beurt twee assen waarop de twee variabelen worden weergegeven waartussen de correlatie wordt nagegaan. De puntjes op deze grafieken stellen de 372 landbouwgronden voor die deel uitmaken van de bijgewerkte dataset. Er wordt ook telkens een trendlijn toegevoegd waarvan de helling gelijk is aan de correlatie die aanwezig is tussen de twee

betreffende variabelen. Verder werden de schalen van de variabelen die op de X- en Y-as worden weergegeven, aangepast zodat ze in eenheden standaardafwijking afgelezen dienen te worden.

Elke grafiek bestaat telkens uit vier kwadranten die toelaten dat er een kwalitatieve beoordeling uitgevoerd kan worden van de verschillende verbanden: hoog-hoog en laag-laag zorgen voor een positieve correlatie, hoog-laag en laag-hoog zorgen voor een negatieve correlatie. Hoewel de verschillende grafieken voor zich spreken, verdienen de grafieken die rechtsboven en linksonder worden weergegeven, misschien wat meer uitleg. Op de grafiek rechtsboven kunnen twee lijnen van observaties onderscheiden worden. De bovenste lijn bevat die landbouwgronden die in Lommel gelegen zijn, terwijl de onderste lijn die gronden bevat die buiten Lommel gelegen zijn. Zoals te zien valt op deze grafiek, ligt de bovenste lijn met observaties meer naar rechts dan de onderste lijn. Het is die verschuiving die ervoor zorgt dat er tussen de variabelen GEM_CD en LOMMEL een positieve correlatie wordt teruggevonden. Met de interpretatie van de grafiek die linksonder wordt weergegeven, dient opgelet te worden. Het is immers zo dat er slechts één observatie of landbouwgrond in de dataset aanwezig is die als type 0810 (=bosgebied met ecologisch belang) geclassificeerd staat. Dit werd hierboven duidelijk bij het weergeven van de beschrijvende statistieken. Doordat dit perceel een zeer grote oppervlakte heeft, meer dan 100 hectaren, kan dan ook verwacht worden dat de correlatie vertekend is. De mate van correlatie tussen de variabelen OPPERVLAKT en TYP0810 is dan ook onbetrouwbaar.



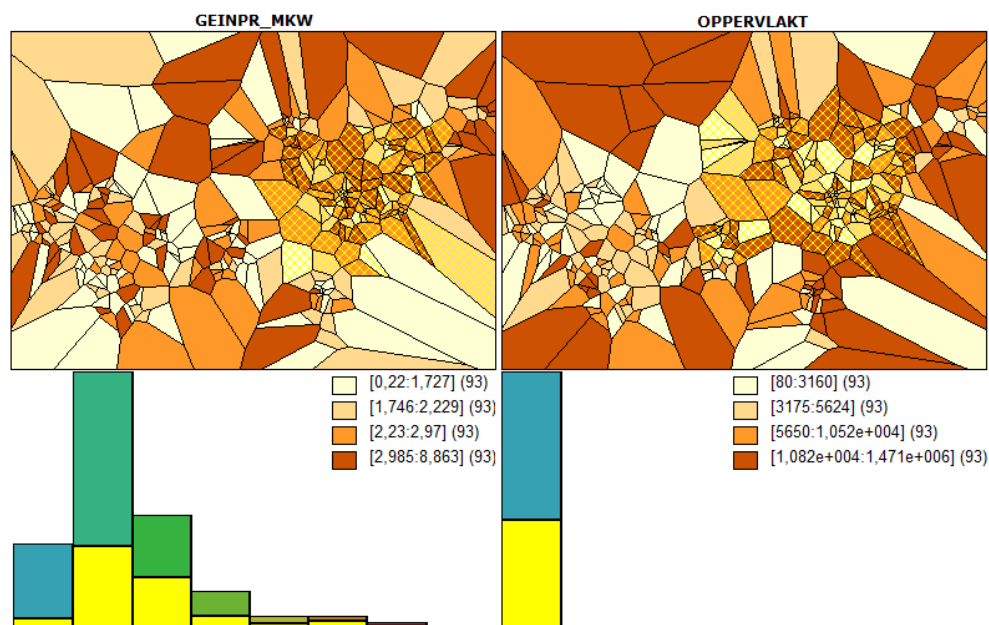
Figuur 20: Correlaties grafisch weergegeven.

7.2.3 Ruimtelijke heterogeniteit

Zoals hierboven reeds ter sprake kwam, doet ruimtelijke heterogeniteit zich voor wanneer er een gebrek is aan structurele stabiliteit van verschillende factoren binnen het onderzoeksgebied. Het gevolg hiervan zou zijn dat de te schatten hedonistische prijsvergelijking varieert binnen het onderzoeksgebied. Om na te gaan of er gesproken kan worden van ruimtelijke heterogeniteit, werd er een hiërarchische clusteranalyse uitgevoerd. Enkel de numerieke variabelen werden in beschouwing genomen bij het uitvoeren van deze analyse. Een hiërarchische clusteranalyse houdt in dat er in elke stap van de analyse slechts twee observaties geclusterd worden. Er wordt vertrokken van één grote cluster waartoe alle variabelen behoren. Na 372 stappen doorlopen te hebben, vormt elke observatie een aparte cluster. Elke observatie die toegewezen wordt aan een bepaalde cluster, blijft toegewezen aan diezelfde cluster zolang de analyse duurt. Een observatie kan dus niet van toegewezen cluster veranderen. De methode die toegepast werd bij het toewijzen van observaties aan clusters, is de between-groups linkage methode. Bij deze methode wordt de ongelijkheid tussen twee clusters berekend door het gemiddelde te nemen van alle mogelijke afstanden tussen de observaties die deel uitmaken van beide clusters. De afstanden werden op hun beurt berekend op basis van de squared euclidean distance methode. Deze methode geeft progressief meer gewicht aan observaties die verder van elkaar gelegen zijn (Janssens, Wijnen et al. 2008).

Als mogelijk aantal clusters werd een range van drie tot zes clusters toegelaten. De classificatie van de observaties in de verschillende clusters, wordt weergegeven in bijlage 3, in de zogenaamde 'Cluster Membership' tabel. Aangezien deze tabel bestaat uit 372 rijen, werd ervoor gekozen om enkel het begin en het einde van de tabel weer te geven. De cijfers die in deze tabel worden weergegeven, wijzen erop dat bijna alle observaties aan één enkele cluster worden toegewezen. Meer specifiek wordt minstens 94% van alle observaties telkens toegewezen aan één enkele cluster. Daardoor kan geconcludeerd worden dat er sprake is van structurele stabiliteit binnen het onderzoeksgebied. Er is met andere woorden geen ruimtelijke heterogeniteit in de dataset aanwezig. De landbouwgrondmarkt kan beschouwd worden als één homogeen gebied of één markt.

Een andere manier waarop nagegaan kan worden of er ruimtelijke heterogeniteit binnen het onderzoeksgebied aanwezig is, is het maken van kaarten met daarop de ruimtelijke verspreiding van bepaalde variabelen (Anselin 2005). Op onderstaande figuur worden twee kaarten met bijhorende histogrammen weergegeven. Aan de hand van de histogrammen wordt voor elke variabele weergegeven welke verdeling de betreffende variabele volgt. De kaarten die worden weergegeven, zijn zogenaamde kwartielkaarten. Met de bijhorende legende kan aan de hand van die kaarten nagegaan worden in welk kwartiel een bepaalde landbouwgrond zich bevindt. Het spreekt voor zich dat elk kwartiel evenveel observaties of landbouwgronden bevat. Dit zijn er voor elk kwartiel 93. Door een selectie te maken op elk van beide kaarten, kan er nagegaan worden of er ruimtelijke heterogeniteit binnen het onderzoeksgebied aanwezig is op gebied van de geïnflateerde prijs per m² en/of de oppervlakte van landbouwgrond.



Figuur 21: Ruimtelijke verdeling van GEINPR_MKW en OPPERVLAKT.

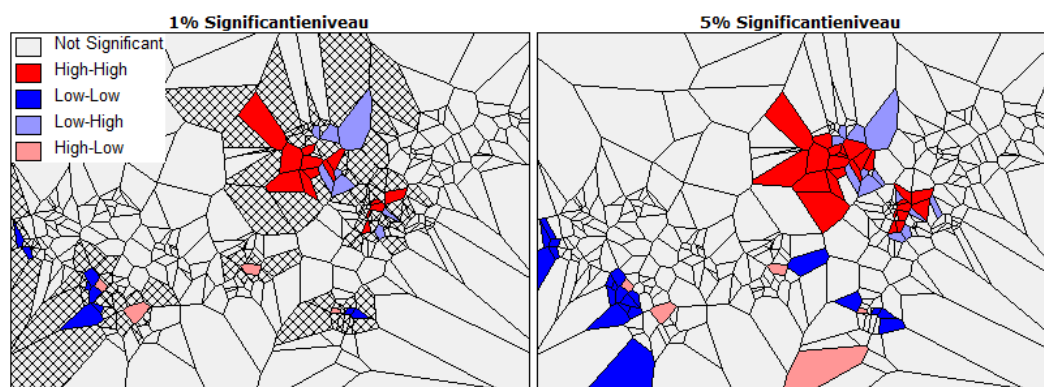
De selectie wordt op bovenstaande kaarten aangeduid door middel van een gele arcering. Doordat het met GeoDa mogelijk is om de kaarten te linken met de bijhorende histogrammen, kunnen de landbouwgronden die gearceerd zijn op de kaarten ook weergegeven worden op de bijhorende histogrammen. Door een aansluitend gebied van landbouwgronden te selecteren en na te gaan in hoeverre hun verdeling afwijkt van de verdeling van de betreffende variabele in de totale dataset, kan vervolgens nagegaan worden of er op gebied van die variabele ruimtelijke heterogeniteit aanwezig is. Zoals op bovenstaande histogrammen te zien valt, wijkt de verdeling van die observaties die geselecteerd worden, zo goed als niet af van de verdeling die gevormd wordt door alle observaties in hun geheel. Daardoor kan er op basis van bovenstaande figuur besloten worden dat er zowel op gebied van geïnflateerde prijs per m² als op gebied van oppervlakte geen ruimtelijke heterogeniteit aanwezig is in het onderzoeksgebied. Het spreekt voor zich dat er op gebied van de andere numerieke variabelen wel ruimtelijke heterogeniteit teruggevonden kan worden. Het gaat hierbij om de gemiddelde cadmiumconcentratie, de afstand tot de dichtstbijzijnde fabriek, de afstand tot het dichtstbijzijnde gemeentelijk centrum, de bevolkingsdruk en de grondmobiliteit. Het is logisch dat deze variabelen een ruimtelijk patroon vertonen dat zich ofwel uitbreidt rondom een bepaald centrum (voor de drie laatstgenoemde variabelen) of rondom een bepaalde fabriek (voor de twee eerstgenoemde variabelen). De aanwezigheid van ruimtelijke patronen bij deze variabelen verandert echter niets aan de conclusie omtrent de aanwezigheid van ruimtelijke heterogeniteit in het onderzoeksgebied. Het is immers zo dat die variabelen waarvoor geen ruimtelijk patroon verwacht werd, dit patroon ook daadwerkelijk niet vertonen. Daardoor kan er besloten worden dat er bij het schatten van de hedonistische prijsvergelijking geen rekening gehouden dient te worden met de aanwezigheid van ruimtelijke heterogeniteit. Het schatten van één enkele hedonistische prijsvergelijking voor het gehele onderzoeksgebied is dan ook voldoende en volkomen betrouwbaar.

7.2.4 Ruimtelijke autocorrelatie

Een tweede ruimtelijk effect, naast ruimtelijke heterogeniteit, is ruimtelijke autocorrelatie. Nagaan of ruimtelijke autocorrelatie aanwezig is in het onderzoeksgebied kan op twee manieren gebeuren. De eerste manier bestaat erin zogenaamde **clusterkaarten** aan te maken. Deze kaarten worden hieronder op figuur 22 weergegeven. Het gaat om zogenaamde LISA clusterkaarten. Er werd specifiek voor LISA kaarten gekozen omdat deze kaarten toelaten van lokale ruimtelijke autocorrelatie na te gaan, in tegenstelling tot globale ruimtelijke autocorrelatie. Het nagaan van globale autocorrelatie is minder interessant doordat er daardoor slechts één maatstaf wordt verkregen voor het totale onderzoeksgebied. Het voordeel van lokale autocorrelatiekaarten is dan ook dat er clusters gevonden kunnen worden op een lokaal niveau. Hierdoor kan nagegaan worden of er sprake is van lokale ruimtelijke autocorrelatie. Bij het bespreken van deze kaarten moet benadrukt worden dat de kaarten enkel toelaten van na te gaan of er één bepaalde vorm van ruimtelijke autocorrelatie aanwezig is, namelijk ruimtelijke lag afhankelijkheid (Anselin 2005).

Op onderstaande figuur worden twee kaarten weergegeven. De variabele op basis waarvan de kaarten werden aangemaakt, is de geïnflateerde prijs per m². Door die variabele te gebruiken, kan er aan de hand van onderstaande kaarten een oordeel gevormd worden over de eventuele aanwezigheid van ruimtelijke lag afhankelijkheid. Bij het aanmaken van beide kaarten werden 999 permutaties gebruikt, waardoor aangenomen kan worden dat de resultaten robust zijn. De linkerkaart maakt gebruik van een 1% significantieniveau. Op de kaart worden dus als het ware die landbouwgronden gemarkeerd waarbij op het 1% significantieniveau aangenomen kan worden dat ze te maken hebben met ruimtelijke lag afhankelijkheid. Deze landbouwgronden worden met andere woorden verwacht een ruimtelijke relatie te hebben met de rondomgelegen landbouwgronden. De kleuren op de linkerkaart geven weer welk type van autocorrelatie zich voordoet. Bij een locatie of landbouwgrond die bijvoorbeeld rood wordt ingekleurd, is het type autocorrelatie hoog-hoog. Dit wil zeggen dat de prijs (in dit geval hoog) van een bepaalde landbouwgrond meer gelijk is aan de prijs van omliggende locaties dan in het geval dat er sprake zou zijn van ruimtelijke willekeurigheid. Deze samenhang is op de linkerkaart significant op 1%. Zowel de combinaties hoog-hoog als laag-laag wijzen op positieve, lokale ruimtelijke lag afhankelijkheid. De combinaties hoog-laag en laag-hoog daarentegen wijzen op negatieve, lokale ruimtelijke lag afhankelijkheid. Hoewel de linkerkaart de indruk wekt dat ruimtelijke lag afhankelijkheid enkel slaat op de ingekleurde gebieden, is het in werkelijkheid zo dat de ruimtelijke lag afhankelijkheid slaat op de gehele clusters die zowel door de ingekleurde gebieden als door de percelen rondom deze ingekleurde gebieden gevormd worden. Het is daarom dat deze omliggende gebieden gearceerd worden weergegeven op de linkerkaart van onderstaande figuur. De ruimtelijke verspreiding van de clusters is dus groter dan enkel de kern van de clusters doet vermoeden. Op de rechterkaart, waarbij een 5% significantieniveau gebruikt werd, zijn de kernen van de cluster groter, hetgeen vanzelfsprekend is aangezien het significantieniveau minder restrictief is. Wanneer dit significantieniveau gebruikt wordt, zijn de oppervlaktes van de gehele clusters dan ook groter. Een laatste punt dat aangehaald dient te worden bij de bespreking van

onderstaande kaarten is het feit dat die percelen die enkel ingekleurd worden op de rechterkaart, zo goed als allemaal behoren tot de percelen die op de linkerkaart gearceerd weergegeven worden.



Figuur 22: LISA clusterkaarten (1% en 5% significantieniveau).

Op basis van bovenstaande uiteenzetting en de kaarten die in bovenstaande figuur worden weergegeven, kan besloten worden dat er in het onderzoeksgebied duidelijk sprake is van ruimtelijke lag afhankelijkheid. Met deze bevinding moet en zal zeker rekening gehouden worden in de volgende paragraaf. Het is dan ook meer dan waarschijnlijk dat de te schatten hedonistische prijsvergelijking uitgebreid zal moeten worden door het opnemen van ruimtelijke effecten. Vooraleer dit gebeurt, zullen er algemene **statistische testen** uitgevoerd worden om er zeker van te zijn dat de bevindingen op basis van bovenstaande figuur ook vanuit econometrisch standpunt statistisch bevestigd worden. Het uitvoeren van deze testen vormt de tweede manier waarop nagegaan zal worden of er sprake is van ruimtelijke autocorrelatie in het huidige onderzoeksgebied. Hoe deze testen juist in elkaar zitten, zal in de loop van volgende paragraaf duidelijk worden wanneer er overgegaan wordt tot het herwerken van de uiteindelijk gekozen regressie zodat er eventueel rekening gehouden kan worden met ruimtelijke autocorrelatie.

7.3 Schatten van de hedonistische prijsvergelijking

Hoewel de basisregressie reeds werd weergegeven op pagina 93, is dit niet de regressie die uiteindelijk gebruikt zal worden om de invloed van de verschillende variabelen op de prijs van landbouwgrond na te gaan. Vertrekkend van deze basisregressie dient immers nagegaan te worden welke gevolgen veranderingen in de functionele vorm en/of wijzigingen in de verzameling van verklarende variabelen met zich meebrengen. Hoewel hierbij gelet wordt op de significantie en de tekens van de coëfficiënten van de verschillende verklarende variabelen, dient er vooral belang gehecht te worden aan de voorwaarden die de OLS-methode vooropstelt op gebied van statistische besluitvorming (geen multicollineariteit, normaal verdeelde fouttermen en homoskedasticiteit). Er wordt als het ware een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd waarbij nagegaan wordt in hoeverre de resultaten wijzigen wanneer er veranderingen aan de vorm of de samenstelling van de regressie worden doorgevoerd. Het resultaat van deze sensitiviteitsanalyse is die hedonistische prijsvergelijking waaraan mogelijk ruimtelijke effecten worden toegevoegd. Het is ook deze

vergelijking, mogelijk herwerkt door het toevoegen van ruimtelijke effecten, die uiteindelijk gebruikt zal worden om de invloeden van de verschillende verklarende variabelen te bespreken.

7.3.1 OLS-voorwaarden

Of een bepaalde regressie al dan niet voldoet aan de voorwaarden die de OLS-methode vooropstelt op gebied van statistische besluitvorming, wordt nagegaan door middel van statistische testen. Voor multicollineariteit zal gebruik gemaakt worden van de zogenaamde 'condition index'. Een index die hoger is dan dertig wijst op een sterke aanwezigheid van multicollineariteit (Janssens, Wijnen et al. 2008). Het doel is dan ook om de basisregressie zo te ontwikkelen dat de condition index van de uiteindelijke hedonistische prijsvergelijking onder de dertig gelegen is. Om na te gaan of de fouttermen normaal verdeeld zijn, wordt de Jarque-Bera test gebruikt. Deze test volgt een chi-kwadraatverdeling met twee vrijheidsgraden. Omdat normaal verdeelde fouttermen noodzakelijk zijn om tot een exacte besluitvorming te kunnen overgaan, is het belangrijk dat er met deze test rekening gehouden wordt. Er wordt gestreefd naar een Jarque-Bera waarde die statistisch niet significant is op het 5% significantieniveau. Een statistisch significante Jarque-Bera waarde wijst er immers op dat de nulhypothese, waarin gesteld wordt dat de fouttermen normaal verdeeld zijn, verworpen dient te worden. Een laatste verzameling van testen wordt uitgevoerd om na te gaan of er homoskedasticiteit aanwezig is in de data. De drie testen die hiervoor uitgevoerd worden, zijn de Breusch-Pagan test, de Koenker-Bassett test en de White test. De eerste twee testen gaan uit van een specifieke functionele vorm van heteroskedasticiteit. De functionele vorm die in GeoDa gebruikt wordt, bestaat uit de kwadraten van de verklarende variabelen. Het verschil tussen de Breusch-Pagan en Koenker-Bassett test is dat laatstgenoemde test gebaseerd is op 'studentized' fouttermen. De fouttermen worden met andere woorden robust gemaakt voor de aanwezigheid van niet-normale verdeeldheid. De White test is in tegenstelling tot de andere twee testen, een specificatie-robuste test. De test gaat niet uit van een bepaalde functionele vorm van heteroskedasticiteit, waardoor nagegaan wordt of er een meer algemene vorm van heteroskedasticiteit aanwezig is. Er wordt gestreefd naar testwaarden die niet statistisch significant zijn op het 5% significantieniveau.

7.3.2 Uitwerking regressieanalyse

Zoals hierboven reeds aangehaald werd, vormt de basisvorm van de regressie het uitgangspunt voor de verdere analyse. Wanneer de hedonistische prijsvergelijking in zijn basisvorm econometrisch geschat wordt, levert dit zoals verwacht geen goede resultaten op. Zowel op gebied van multicollineariteit, verdeling van fouttermen als heteroskedasticiteit scoort de regressie slecht. Daarnaast is het zo dat op gebied van numerieke variabelen, enkel de coëfficiënt van de variabele grondmobiliteit significant is.¹³ Een verdere uitwerking van de basisvorm is dan ook wel degelijk nodig.

¹³ Als straal voor de variabele grondmobiliteit wordt voorlopig 5.000 meter genomen. Verdere analyse dient uit te wijzen welke straal de meest geschikte is.

Een eerste stap die gezet wordt in de verdere uitwerking, is het omvormen van de afhankelijke variabele. In de basisvorm is deze variabele gewoon de geïnflateerde prijs per m². Zoals echter in hoofdstuk 5 reeds besproken werd, worden semilogaritmische vormen in de wetenschappelijke literatuur vaak verkozen boven lineaire vormen. Daarnaast is het zo dat er uitgegaan wordt van een niet-lineaire hedonistische prijsvergelijking. Dit werd reeds op pagina 71 weergegeven als voorwaarde nummer 13. Daarom wordt er gekeken naar de verdeling van de geïnflateerde prijzen per m². In bijlage 4 wordt een histogram weergegeven waarop een lognormale verdeling geplot werd. Zoals het histogram weergeeft, is de verdeling van de prijsgegevens nogal rechtsscheef. Daardoor is het beter van het logaritme van de prijs als dusdanig in de vergelijking op te nemen. Het logaritme maakt de scheve verdeling immers terug symmetrisch te maken. Wanneer het logaritme van de prijs als afhankelijke variabele in de regressie opgenomen wordt, zijn de resultaten al veel beter. Naast de coëfficiënt van grondmobiliteit, wordt ook die van de variabele oppervlakte heel significant. Ook op gebied van heteroskedasticiteit scoort deze regressie goed. De Breusch-Pagan test is niet significant op een 5% significantieniveau, terwijl de Koenker-Bassett test zelfs op 10% niet significant is. Op gebied van normaalverdeeldheid van fouttermen is er in vergelijking met de basisvorm progressie merkbaar. De Jarque-Bera test is echter nog steeds significant op het 5% significantieniveau, waardoor nog niet aangenomen kan worden dat de fouttermen normaal verdeeld zijn. De condition index ligt overigens nog altijd hoger dan dertig. Multicollineariteit vormt dan ook nog steeds een probleem.

De volgende stap die gezet wordt, is gebaseerd op de resultaten die tijdens de verkennende data-analyse verkregen werden. Tijdens deze analyse werd duidelijk dat er voor bepaalde bestemmingstypes slechts zeer weinig observaties in de dataset aanwezig zijn. Dit heeft tot gevolg dat de coëfficiënten van deze variabelen vertekend zijn en dat een eventuele significantie dan ook zeer onbetrouwbaar te noemen is. Daarom wordt er beslist van de bestemmingstypes in verschillende clusters onder te brengen en deze clusters op te nemen in de regressie. Het aantal observaties per cluster ligt zo hoog genoeg opdat er betrouwbare resultaten verkregen kunnen worden. De samenstelling van de verschillende clusters wordt weergegeven in bijlage 5. Bestemmingstype agrarisch gebied blijft behouden als referentie. De resultaten van de regressie waarin de bestemmingstypes worden geclusterd, zijn op gebied van significantie en teken van coëfficiënten sterk gelijkend op de resultaten van voorgaande regressie. In de nieuwe regressie is het echter zo dat de coëfficiënten van de clusters van bestemmingstypes betrouwbaar zijn. Het invoeren van de clusters is dan ook een noodzaak. Op gebied van multicollineariteit scoort de regressie iets beter. De condition index is iets lager dan dertig, waardoor multicollineariteit normaal geen probleem meer zou mogen zijn. Op gebied van heteroskedasticiteit zijn de resultaten echter iets slechter. De Breusch-Pagan test is significant op het 1% significantieniveau, terwijl de Koenker-Bassett test niet significant is op 10%. De Jarque-Bera waarde is iets hoger dan in voorgaande regressie, maar blijft significant op 5%. Deze regressie dient dus op zijn beurt weer

aangepast te worden opdat de resultaten op gebied van heteroskedasticiteit en dergelijke beter worden.

Hoewel de regressie met de geclusterde bestemmingstypes redelijk goed scoort op gebied van multicollineariteit, wordt toch besloten om de multicollineariteit verder terug te dringen. De hoogste correlaties die tijdens de beschrijvende data-analyse teruggevonden werden, zijn in dat opzicht een belangrijk aspect. Het weglaten van een bepaalde variabele die sterk gecorreleerd is met een andere variabele zou dan ook tot gevolg moeten hebben dat het probleem op gebied van multicollineariteit nog kleiner wordt. Er wordt beslist om de variabele waarmee de afstand tot het dichtstbijzijnde gemeentelijk centrum wordt voorgesteld, uit de regressie weg te laten. De reden hiervoor is het feit dat het weglaten van deze variabele geen grote gevolgen heeft op gebied van volledigheid. Doordat ook de variabele bevolkingsdruk nog in de regressie aanwezig is, blijft er immers in elk geval een variabele opgenomen waarmee de mogelijkheid tot potentiële toekomstige ontwikkeling voorgesteld wordt. De resultaten van de regressie waarin de variabele weggelaten wordt, zijn op gebied van multicollineariteit veel beter. De condition index daalt tot 27 waardoor gesteld kan worden dat multicollineariteit geen probleem meer vormt. De normaalverdeeldheid van de fouttermen daarentegen is nog steeds een probleem. De Jarque-Bera test is op het 5% significantieniveau immers nog steeds significant, waardoor normaalverdeeldheid verworpen wordt. Op gebied van heteroskedasticiteit is de regressie niet slecht te noemen. Hoewel de Breusch-Pagan test significant is op 5%, wijzen de Koenker-Bassett en White testen immers zeer sterk op de aanwezigheid van homoskedasticiteit. Op gebied van numerieke variabelen zijn de coëfficiënten van zowel oppervlakte, bevolkingsdruk als grondmobiliteit significant. Het enige probleem met deze regressie doet zich voor op het gebied van normaalverdeeldheid van de fouttermen.

In de wetenschappelijke literatuur wordt aangehaald dat niet-normaal verdeelde fouttermen niet altijd voor ernstige problemen zorgen (Anselin 2005). Verschillende aspecten van regressieanalyse gelden immers asymptotisch, ook al zijn de fouttermen niet-normaal verdeeld. Het is echter wel zo dat fouttermen normaal verdeeld moeten zijn wanneer er exacte statistische resultaten worden vereist. Het is daarom dat in huidig onderzoek beslist wordt van de regressie die in voorgaande alinea besproken werd, verder uit te werken. Het doel hierbij is een niet-significante Jarque-Bera statistiek op het 5% significantieniveau. Na heel wat trial-and-error bleken de gemeentevariabelen een belangrijke bron van niet-normale verdeeldheid te zijn. Wanneer deze gemeentes in de laatste regressie worden weggelaten, is de Jarque-Bera statistiek zelfs niet significant op het 10% significantieniveau, waardoor niet-normale verdeeldheid van fouttermen niet langer een probleem is. Ook op de aanwezigheid van multicollineariteit bleken de gemeentes een grote invloed te hebben. Door de gemeentes uit de regressie weg te laten, daalde de condition index immers van 27 naar 19. Hoewel de gemeentevariabelen iets zeggen over mogelijke verschillen tussen gemeentes, wordt toch besloten van de gemeentes uit de regressie weg te laten. De keuze tussen enkele significante gemeentevariabelen of exacte resultaten in het geheel is immers een keuze die snel gemaakt kan worden. De regressie die ontstaat nadat de gemeentedyummy's worden

weggelaten, voldoet in het algemeen aan de voorwaarden die de OLS-methode vooropstelt. Ook de coëfficiënt van de variabele waarmee de afstand tot de dichtstbijzijnde fabriek wordt voorgesteld, is in deze laatste regressie significant. Een klein punt van twijfel bestaat echter nog op het gebied van de Breusch-Pagan test. Hoewel de Koenker-Bassett en White testen heteroskedasticiteit verwerpen, doet de Breusch-Pagan test dit niet op het 5% significantieniveau. Een laatste aanpassing van de regressie heeft tot doel de Breusch-Pagan test minder significant te maken.

Het eerste dat nagegaan wordt, is welke invloed de straal van de variabele grondmobiliteit heeft op de resultaten. Er worden regressies geschat waarbij stralen van 1.000, 3.000 en 5.000 meter gebruikt worden. Hoewel de straal van 3.000 meter op gebied van de Breusch-Pagan test het beste scoort, zorgt het opnemen van deze straal wel voor enkele minder goede coëfficiënten. Zo is het effect van de afstand tot de fabriek niet langer significant en ook het teken van de coëfficiënt waarmee de cadmiumconcentratie wordt voorgesteld, is in de betreffende regressie niet langer logisch. Omdat het verschil in significantie van de Breusch-Pagan test daarenboven zeer klein is wanneer de vergelijking met de straal van 5.000 meter wordt gemaakt (0,0409701 met 3.000 meter als straal tegenover 0,0397045 met 5.000 meter als straal), wordt besloten van de straal van 5.000 meter gewoon te behouden. Een tweede aspect dat nagegaan wordt, is welke invloed het opnemen van het logaritme van een numerieke variabele op de resultaten heeft. Er worden vijf regressies uitgevoerd waarin telkens van een andere numerieke variabele het logaritme wordt opgenomen. Zowel het logaritme van de variabele waarmee de afstand tot de fabriek wordt voorgesteld, als het logaritme van de variabele waarmee de oppervlakte wordt voorgesteld, hebben een zeer slechte invloed op de resultaten. De condition index stijgt in beide regressies tot ruim boven de dertig. Ook de logaritmes van de variabelen waarmee de cadmiumconcentratie en de bevolkingsdruk worden voorgesteld, hebben geen goede invloed op de resultaten. Zowel de Jarque-Bera test als de Breusch-Pagan test worden meer significant, hetgeen niet goed is. Het opnemen van het logaritme van de variabele waarmee de grondmobiliteit binnen een straal van 5.000 meter wordt voorgesteld, heeft zo goed als geen invloed op de resultaten. De regressie waarin grondmobiliteit als dusdanig wordt opgenomen en de regressie waarin het logaritme van grondmobiliteit wordt opgenomen, zijn dan ook zeer gelijkend op elkaar. Zowel op gebied van coëfficiënten als op gebied van statistische testen. Doordat het logaritme geen meerwaarde bijbrengt aan de resultaten, wordt dan ook besloten om de grondmobiliteit als dusdanig in de regressie op te nemen. Door dat te doen, wordt uiteindelijk de hedonistische prijsvergelijking bekomen die mogelijk nog zal veranderen wanneer rekening gehouden wordt met de aanwezigheid van ruimtelijke autocorrelatie. Dit wordt hieronder verder besproken. De hedonistische prijsvergelijking waarin nog geen rekening gehouden wordt met ruimtelijke autocorrelatie, wordt in zijn totaliteit weergegeven in bijlage 6. Er kan besloten worden dat multicollineariteit in deze regressie geen probleem vormt aangezien de condition index met een waarde van 19,5857 veel lager ligt dan dertig. Op het 10% significantieniveau kan verder aangenomen worden dat de

fouttermen normaal verdeeld zijn (de p-waarde van de Jarque-Bera test bedraagt 0,1074)¹⁴. Hoewel de Breusch-Pagan test ten slotte statistisch significant is op het 5% significantieniveau, kan toch aangenomen worden dat heteroskedasticiteit geen probleem vormt. Zowel de Koenker-Bassett test als de White test aanvaarden immers de nulhypothese, waarin gesteld wordt dat er homoskedasticiteit aanwezig is, op 10%. De R^2 -waarde van de regressie bedraagt 19,2598%. Dit wil zeggen dat 19,2598% van de variabiliteit verklaard wordt door de variabelen die in de regressie worden opgenomen. De adjusted R^2 -waarde van de regressie bedraagt 13,4260%. Deze waarde houdt in tegenstelling tot de gewone R^2 -waarde rekening met het totaal aantal verklarende variabelen dat in de regressie wordt opgenomen. De adjusted R^2 -waarde neemt dus niet noodzakelijk toe wanneer er meer verklarende variabelen in de regressie worden opgenomen (Stock and Watson 2007).

7.3.3 Ruimtelijke autocorrelatie

Zoals hierboven reeds uitvoerig besproken werd, is het mogelijk van in de hedonistische regressieanalyse rekening te houden met de aanwezigheid van ruimtelijke autocorrelatie. Bij de verkennende data-analyse kon op basis van figuur 22 reeds besloten worden dat er in het onderzoeksgebied duidelijk sprake is van ruimtelijke lag afhankelijkheid. Of de aanwezigheid van dit soort van ruimtelijke autocorrelatie ook door statistische testen bevestigd wordt, zal verderop blijken. Door het uitvoeren van deze testen wordt nagegaan of de bevindingen op basis van figuur 22 ook vanuit econometrisch standpunt statistisch bevestigd worden.

Om statistische testen in verband met de aanwezigheid van ruimtelijke autocorrelatie te kunnen uitvoeren, is het belangrijk dat er eerst een gewichtenmatrix wordt aangemaakt. Wat deze gewichtenmatrix juist inhoudt en op welke manieren de matrix aangemaakt kan worden, werd reeds in hoofdstuk 5 uitgelegd. In huidige paragraaf is het de bedoeling te komen tot die gewichtenmatrix die de meest betrouwbare en geschikte resultaten oplevert. Zoals in hoofdstuk 5 vermeld werd, bestaan er afstandsgebaseerde gewichten, naburighedsgebaseerde gewichten en gewichten die toegekend worden aan een vooraf te bepalen aantal naburige percelen. In de wetenschappelijk literatuur wordt echter aangehaald dat afstandsgebaseerde gewichten best niet gebruikt worden wanneer er in de te schatten hedonistische prijsvergelijking afstandsvariabelen worden opgenomen. Dit zou tot gevolg kunnen hebben dat de gewichtenmatrix het effect oppikt dat normaal gezien door de afstandsvariabele opgepikt zou moeten worden. In dat geval zou er dan ook sprake zijn van multicollineariteit tussen de afstandsvariabele en de gewichtenmatrix (Wilhelmsson 2002). Het is daarom dat beslist wordt om geen afstandsgebaseerde gewichten te gebruiken. Naast afstandsgebaseerde gewichten is het ook niet mogelijk om met gewichten te werken die toegekend worden aan een vooraf te bepalen aantal naburige percelen. Het is immers

¹⁴ De p-waarde stelt de kans voor dat er een statistisch resultaat bekomen wordt dat minstens even afwijkend is van de nulhypothese dan het resultaat dat daadwerkelijk bekomen werd in de steekproef. Hierbij wordt aangenomen dat de nulhypothese geldt. Bron: Stock, J. H. and M. W. Watson (2007). Introduction to Econometrics, Pearson Education.

zo dat de ML-methode die gebruikt dient te worden bij het schatten van regressies met ruimtelijke autocorrelatie, enkel werkt in combinatie met gewichten die gebaseerd zijn op een symmetrische naburighedsrelatie. Vanuit die redenering is het enkel mogelijk om met naburighedsgebaseerde gewichten of afstandsgebaseerde gewichten te werken wanneer de ML-methode wordt toegepast (Anselin 2005). Er kan dus besloten worden dat enkel naburighedsgebaseerde gewichten in huidig onderzoek in aanmerking komen.

De naburighedsgebaseerde gewichtenmatrix kan op zijn beurt op verschillende manieren aangemaakt worden. Zowel de Queen-methode als de Rook-methode kunnen gebruikt worden om deze matrix op te stellen. Het verschil tussen de Queen- en Rook-methode is dat de Rook-methode enkel die percelen als naburig ziet die een zijde gemeenschappelijk hebben met het betreffende perceel. Voor de Queen-methode is het voldoende dat twee percelen één raakpunt hebben. Twee percelen die elkaar enkel met een hoekpunt raken, worden door de Queen-methode bijvoorbeeld wel als naburig beschouwd, maar door de Rook-methode niet. Welke van beide methodes gekozen zal worden, wordt beslist op basis van de statistische resultaten die ze opleveren.

Om na te gaan of de aanwezigheid van ruimtelijke autocorrelatie statistisch significant is en welke vorm van ruimtelijke autocorrelatie het meest aanwezig is, worden er verschillende testen uitgevoerd. Deze testen zijn de zogenaamde Moran's I testen, LM-testen en robust LM-testen. Na het bekijken van de resultaten van deze testen volgens zowel de Queen- als de Rook-methode, kon besloten worden dat er geen verschil bestaat tussen de twee methodes. De Queen- en de Rook-methode duiden in huidig onderzoek dezelfde omliggende percelen als naburig aan. Dit kan mogelijk verklaard worden door het feit dat alle landbouwgronden meer dan één punt gemeenschappelijk hebben met elk van hun omliggende percelen. De methode die in huidig onderzoek gebruikt wordt om de gewichtenmatrix op te stellen, is de Queen-methode. Hoewel beide methodes dezelfde resultaten opleveren, is de redenering achter deze methode gewoon logischer. Verder wordt er gewerkt met een naburigheid van tweede orde. Ook de burens van omliggende percelen worden zo in rekening gebracht bij het opstellen van de gewichtenmatrix. De statistische resultaten die aan de hand van de Queen-methode verkregen werden, worden in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 13: Statistische testen in verband met ruimtelijke autocorrelatie.

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE			
FOR WEIGHT MATRIX : GEWICHT_QUEEN2CUMULATIEF.gal			
(row-standardized weights)			
TEST	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I (error)	0,031739	2,8069120	0,0050020
Lagrange Multiplier (lag)	1	5,7712577	0,0162904
Robust LM (lag)	1	3,6096925	0,0574437
Lagrange Multiplier (error)	1	3,3697817	0,0664026
Robust LM (error)	1	1,2082165	0,2716856
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	6,9794742	0,0305089

Zoals in bovenstaande tabel te zien valt, is de Moran's I test zeer significant. Dit wijst op misspecificatie van de regressie, waarvan ruimtelijke autocorrelatie mogelijk een oorzaak is. Welke vorm van ruimtelijke autocorrelatie in het onderzoeksgebied het meest aanwezig is, kan nagegaan worden aan de hand van de LM-testen. Aangezien zowel de LM (lag) test als de LM (error) test significant zijn, dient er gekeken te worden naar de robuuste LM-testen. Wanneer er naar deze testen gekeken wordt, valt op dat enkel de Robust LM (lag) test significant is op het 10% significantieniveau. De statistische testen duiden dus op de aanwezigheid van ruimtelijke lag afhankelijkheid en bevestigen daarmee de conclusie die getrokken werd op basis van figuur 22. De LM (SARMA) test is van weinig belang in de praktijk en wordt daarom ook niet besproken. De regressie waarin rekening gehouden wordt met de aanwezigheid van ruimtelijke lag afhankelijkheid, wordt hieronder weergegeven in tabel 14. In de wetenschappelijke literatuur wordt aangegeven dat coëfficiënten en bijhorende significanties onbetrouwbaar geschat worden met een gewoon regressiemodel wanneer er van ruimtelijke autocorrelatie sprake is. Ruimtelijke modellen blijken onmisbaar te zijn bij het schatten van prijzen van vastgoed (Wilhelmsson 2002). Het is logisch dat enkel de coëfficiënten, weergegeven in onderstaande tabel, in de volgende paragraaf worden besproken.

De hedonistische prijsvergelijking die weergegeven wordt in tabel 14, wordt geschat aan de hand van de ML-methode. Dit omdat het toepassen van de OLS-methode, zoals reeds eerder vermeld werd, ervoor zou zorgen dat de schatting van de coëfficiënt van de ruimtelijke, autoregressieve afhankelijke variabele vertekend zou zijn. Het toepassen van de ML-methode daarentegen zorgt ervoor dat er een consistente coëfficiënt geschat kan worden. De enige vereiste waaraan voldaan moet worden opdat de ML-methode toegepast mag worden, is het feit dat de fouttermen normaal verdeeld moeten zijn (Patton and McErlean 2003). Zoals hierboven werd aangetoond door de Jarque-Bera statistiek, vormt dit in huidig onderzoek geen enkel probleem. De schattingen kunnen met andere woorden betrouwbaar uitgevoerd worden door middel van de ML-methode.

Tabel 14: Finale regressie met ruimtelijke autocorrelatie.

SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL LAG MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
 Data set : POLYGONEN_definitief
 Spatial Weight : GEWICHT_QUEEN2CUMULATIEF.gal
 Dependent Variable : LN_GEINFPR Number of Observations: 372
 Mean dependent var : 0,817307 Number of Variables : 27
 S.D. dependent var : 0,499512 Degrees of Freedom : 345
 Lag coeff. (Rho) : 0,300515

R-squared : 0,208087 Log likelihood : -227,259
 Sq. Correlation : - Akaike info criterion : 508,518
 Sigma-square : 0,197592 Schwarz criterion : 614,328
 S.E of regression : 0,444513

Variable	Coefficient	Std. Error	z-value	Probability
W_LN_GEINFPR	0,3005146	0,11991	2,506169	0,0122048
CONSTANT	0,7455361	0,1896131	3,931881	0,0000843
GEM_CD	-0,008034599	0,03756181	-0,2139034	0,8306224
AFST_FABR	-1,464986e-005	1,048613e-005	-1,397071	0,1623925
OPPERVLAKT	-1,092195e-006	2,582941e-007	-4,228492	0,0000235
BEVDR_1000	0,0002348986	8,135107e-005	2,887467	0,0038837
GRMOB_5000	-0,007607713	0,006156027	-1,235815	0,2165273
BEST_TYPE1	0,03646039	0,06092444	0,5984527	0,5495378
BEST_TYPE2	-0,1324913	0,1438952	-0,9207491	0,3571814
BEST_TYPE3	-0,05152609	0,1051099	-0,4902114	0,6239843
BEST_TYPE4	-0,04460506	0,1184568	-0,3765513	0,7065072
VOCHT_ZAND	0,08050267	0,07414244	1,085784	0,2775747
VOCH_Z_ANT	-0,04868533	0,08230575	-0,591518	0,5541733
VOCH_ZLEEM	0,324439	0,4562085	0,7111638	0,4769826
NAT_ZAND	-0,1116799	0,08581984	-1,30133	0,1931456
NAT_Z_ANTR	0,1348603	0,1414184	0,9536258	0,3402731
NAT_ZLEEM	0,01953185	0,1970212	0,09913577	0,9210304
VEEN	-0,3437804	0,1533356	-2,242013	0,0249604
LANDDUIN	-0,2109781	0,2496557	-0,8450761	0,3980683
ANTROPOGEE	0,3603985	0,1624959	2,217893	0,0265620
JAAR04	-0,1857488	0,1169873	-1,587768	0,1123387
JAAR05	-0,2161413	0,09773145	-2,211583	0,0269954
JAAR06	-0,01481154	0,0956547	-0,1548438	0,8769444
JAAR07	-0,08476647	0,1086011	-0,7805305	0,4350785
JAAR08	-0,1032226	0,1004499	-1,027602	0,3041369
JAAR09	-0,2139975	0,09572364	-2,235577	0,0253794
JAAR10	0,05824317	0,09415439	0,6185922	0,5361849

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE

SPATIAL LAG DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : GEWICHT_QUEEN2CUMULATIEF.gal
 TEST DF VALUE PROB
 Likelihood Ratio Test 1 5,160187 0,0231104

7.4 Bespreking resultaten

7.4.1 Modelstatistieken

Als eerste worden de algemene modelstatistieken besproken. Aan de hand van deze statistieken kan een uitspraak gedaan worden over de significantie van de regressie in zijn geheel. Hiervoor wordt gekeken naar de statistieken die bovenaan in de output, weergegeven in tabel 14, worden opgenomen. Hoewel de R^2 -waarde in de oorspronkelijke regressie aangaf dat 19,2598% van de variabiliteit verklaard werd door de variabelen die in de regressie werden opgenomen, mag de R^2 -waarde in bovenstaande tabel niet op die manier geïnterpreteerd worden. Het is immers zo dat de R^2 -waarde die in een ruimtelijk regressiemodel wordt weergegeven, slechts een pseudo R^2 -waarde is (Anselin 2005). De modelstatistieken die relevant zijn in het ruimtelijke regressiemodel, zijn dan ook de Log likelihood test, het Akaike info criterion, het Schwarz criterion en de Likelihood Ratio Test. Op basis van deze statistieken kan het ruimtelijk regressiemodel vergeleken worden met het regressiemodel waarin geen rekening gehouden wordt met ruimtelijke autocorrelatie.

Zoals af te leiden valt uit tabel 14, bedraagt de Log likelihood waarde -227,259. Doordat deze waarde minder negatief is dan de Log likelihood waarde van het gewone regressiemodel, kan besloten worden dat het ruimtelijk model beter is. Ook het Akaike info criterion wijst hierop doordat de waarde van deze test in bovenstaande tabel lager is dan de waarde die weergegeven wordt in bijlage 6 (508,518 tegenover 511,679). Het Schwarz criterion wijst er niet op dat het ruimtelijk model beter is dan het gewone regressiemodel. De waarde van deze test stijgt immers van 613,57 naar 614,328. Enkel de Log likelihood test en het Akaike info criterion wijzen er dus op dat het ruimtelijk model beter is dan het gewone regressiemodel. De Likelihood Ratio Test is een algemene test waarmee de vergelijking gemaakt kan worden tussen het gewone regressiemodel en het ruimtelijk model. Zoals onderaan in tabel 14 te zien valt, is de uitkomst van deze test zeer significant. Daardoor kan besloten worden dat de nulhypothese, waarin gesteld wordt dat er geen verschil bestaat tussen het gewone regressiemodel en het ruimtelijk model, verworpen kan worden. Er kan dus met het nodige vertrouwen aangenomen worden dat het ruimtelijk model beter is. Het bespreken van de coëfficiënten van dit ruimtelijk model is dan ook de volgende, logische stap.

7.4.2 Coëfficiënten

De coëfficiënten van het ruimtelijk model worden onder de modelstatistieken in tabel 14 weergegeven. Op het teken en de significantie van de coëfficiënten van de variabelen die opgenomen werden in de ruimtelijke hedonistische prijsvergelijking, wordt hieronder verder ingegaan. Voor iedere verklarende variabele wordt weergegeven wat nu juist zijn invloed is op de geïnflateerde prijs per m² landbouwgrond. Door de beperkte mate van belangrijkheid van de constante term, wordt deze term niet in volgende bespreking opgenomen.

7.4.2.1 Ruimtelijke autoregressieve afhankelijke variabele

De eerste coëfficiënt die in tabel 14 wordt weergegeven, is de coëfficiënt van de ruimtelijke, autoregressieve afhankelijke variabele. Het feit dat deze coëfficiënt statistisch significant is op het 5% significantieniveau, wijst er nog maar eens op dat het gebruik van ruimtelijke modellen onmisbaar is bij het schatten van prijzen van vastgoed. De mate van significantie van deze coëfficiënt wijst erop dat een ruimtelijk model in huidig onderzoek zeker de juiste keuze is. De volgende coëfficiënten kunnen dan ook betrouwbaar geïnterpreteerd en besproken worden.

7.4.2.2 Cadmiumconcentratie

De volgende coëfficiënt die weergegeven wordt, is de coëfficiënt van de variabele waarmee de cadmiumconcentratie wordt voorgesteld. Hoewel deze coëfficiënt duidelijk niet significant is, heeft hij wel het verwachte teken. Dit teken wijst er immers op dat een hogere graad van cadmiumconcentratie samenhangt met een lagere geïnflateerde prijs per m². Meerbepaald wijst de coëfficiënt erop dat een toename in de cadmiumconcentratie van 1 mg kg⁻¹ bodem, een afname in de geïnflateerde prijs per m² van 0,8035% tot gevolg heeft. Dit resultaat is logisch, rekening houdend met de uiteenzetting die in voorgaande hoofdstukken gegeven werd. Doordat de coëfficiënt echter helemaal niet statistisch significant is, zelfs niet op het 10% significantieniveau, kan er niet aangenomen worden dat het gevonden resultaat een werkelijke associatie aanduidt. De afwezigheid van een significante invloed van cadmiumconcentratie op de prijs van landbouwgrond valt mogelijk te verklaren door ondermeer het feit dat mogelijke kopers geen belang hechten aan het al dan niet verontreinigd zijn van een bepaalde landbouwgrond. Dit is mogelijk een gevolg van het feit dat de aanwezige cadmiumconcentratie er in de meeste gevallen niet tot leidt dat de concentratie in de geteelde gewassen, voornamelijk maïs en gras, te hoog ligt. Ook de vreemde bevinding dat er perfect tot overdracht van een verontreinigde niet-risicogrond overgegaan kan worden zonder dat de potentiële koper op de hoogte is van de verontreiniging, kan een rol spelen in de afwezigheid van een significant effect. Daarenboven is het zo dat er zeer weinig variabiliteit aanwezig is in de dataset op gebied van cadmiumconcentratie. Voor 321 van de 372 landbouwgronden is het immers zo dat de cadmiumconcentratie maximaal 2 mg kg⁻¹ bodem (de bodemsaneringnorm voor landbouwgrond) bedraagt. Ook het lage gemiddelde van de variabele cadmiumconcentratie, 1,0990 mg kg⁻¹ bodem, geeft aan dat er weinig variabiliteit aanwezig is in de gevonden cadmiumconcentraties. De resultaten van huidig onderzoek op gebied van cadmiumconcentratie lijken de bevinding te bevestigen die in de wetenschappelijke literatuur wordt weergegeven. Er wordt immers aangehaald dat factoren zoals bodem en klimaat, die traditioneel sterk gecorreleerd waren met de waarde van landbouwgrond, steeds minder van belang zijn in vergelijking met factoren zoals de nabijheid tot stedelijke gebieden (Archer and Lonsdale 1997).

7.4.2.3 Afstand tot de verontreinigingbron

Ook het teken van de coëfficiënt waarmee de afstand tot de dichtstbijzijnde verontreinigingbron wordt voorgesteld, is niet significant op het 10% significantieniveau. Hoewel deze coëfficiënt in de gewone hedonistische prijsvergelijking (waarin geen ruimtelijke effecten opgenomen zijn) nog significant was op het 10% significantieniveau, is hij dat nu niet meer. Dit valt mogelijk te

verklaren door het feit dat een deel van de variantie die deze variabele verklaarde in het gewone regressiemodel, in het ruimtelijke model verklaard wordt door de ruimtelijke autoregressieve afhankelijke coëfficiënt. Het teken van deze coëfficiënt is in beide modellen overigens nogal onverwacht. De coëfficiënt wijst er immers op dat een toename in de afstand tot de dichtstbijzijnde fabriek een afname in de geïnflateerde prijs per m² met zich meebrengt. Meerbepaald wijst de coëfficiënt in het ruimtelijk model erop dat, wanneer de afstand tot de dichtstbijzijnde fabriek met één meter toeneemt, de geïnflateerde prijs per m² daalt met 0,0014%. Dit is een onverwachte bevinding aangezien aangenomen werd dat de afstand tot de fabriek gezien kan worden als een maatstaf voor het subjectieve risico dat landbouwers toekennen aan de verontreiniging. Een verklaring voor het onverwachte teken ligt mogelijk in het feit dat die landbouwgronden die dichtbij een bepaalde fabriek gelegen zijn, ook dichter bij een stedelijk gebied gelegen zijn. Daardoor ondervinden zij een invloed vanwege de aanwezigheid van het stedelijk gebied, die mogelijk groter is dan de invloed vanwege de aanwezigheid van de fabriek. Het effect van stedelijke gebieden blijkt verderop immers wel significant aanwezig te zijn. Een andere mogelijke verklaring is dat de aanwezigheid van fabrieken bij de prijsvorming van landbouwgrond veel minder in rekening wordt gebracht dan bij de prijsvorming van huizen. Het feit dat er tijdens de verkennende literatuurstudie enkel onderzoeken werden teruggevonden die van toepassing zijn op huizen, kan de verwachtingen op gebied van landbouwgronden dan ook beïnvloed hebben. Er kan aangenomen worden dat de kans op aanwezigheid van subjectieve gezondheidsrisico's groter is bij huizen dan bij landbouwgronden. Aangezien landbouwers immers niet op hun landbouwgrond wonen, spelen de subjectieve risico's mogelijk minder of helemaal niet mee. Of deze verbanden ook werkelijk zo aanwezig zijn, is natuurlijk maar de vraag. Het is immers zo dat de coëfficiënt in het ruimtelijk model niet statistisch significant is op het 10% significantieniveau.

7.4.2.4 Oppervlakte

De variabele waarmee de oppervlakte van landbouwgrond wordt voorgesteld, is de volgende variabele die besproken wordt. De coëfficiënt van deze variabele is in het ruimtelijk model zeer significant. Zelfs op het 1% significantieniveau blijkt er een significant invloed van de oppervlakte op de prijs van landbouwgrond aanwezig te zijn. Ook het teken van de significante coëfficiënt is zoals verwacht werd. Een grotere landbouwgrond blijkt samen te hangen met een lagere geïnflateerde prijs per m². Meerbepaald neemt de geïnflateerde prijs per m² met 1% af wanneer de oppervlakte met één hectare toeneemt. De aanwezigheid van deze negatieve relatie tussen de oppervlakte en de prijs werd verwacht. Reeds in hoofdstuk 6 werd er op basis van cijfermateriaal immers aangetoond dat kleine percelen relatief duurder zijn dan grote percelen.

7.4.2.5 Bevolkingsdruk

De coëfficiënt van de variabele waarmee de bevolkingdruk binnen een straal van 1.000 meter wordt voorgesteld, is in het ruimtelijk model statistisch significant op het 1% significantieniveau. Een groter aantal adressen rondom een bepaalde landbouwgrond blijkt samen te hangen met een hogere geïnflateerde prijs per m². Volgens de hedonistische prijsvergelijking neemt de

geïnflateerde prijs per m² met 0,0235% toe wanneer het aantal adressen met één eenheid toeneemt. Dit is geheel volgens de verwachtingen. Er werd immers aangenomen dat de prijs van landbouwgrond waarrond meer adressen gelegen zijn, hoger is dan de prijs van landbouwgrond met minder adressen in de omtrek. De variabele kan gezien worden als een proxy voor toekomstige potentiële ontwikkeling. Er kan immers aangenomen worden dat een landbouwgrond waarrond zich meer adressen bevinden, dichterbij het gemeentelijk centrum gelegen is. Daardoor kan er met de variabele bevolkingsdruk een uitspraak gedaan worden over de mogelijke invloed die de aanwezigheid van een bepaald centrum heeft op de prijs van landbouwgrond. Door de regressieresultaten wordt in dat opzicht bevestigd dat een landbouwgrond die dichterbij het gemeentelijk centrum gelegen is, een hogere prijs met zich meebrengt. Dit komt bijvoorbeeld doordat de kans dat de grond een bestemmingswijziging ondergaat, in dat geval groter is. Ook de aanwezigheid van het centrum op zich kan echter, zoals in hoofdstuk 6 reeds werd aangehaald, reeds een invloed op de prijs uitoefenen.

7.4.2.6 Grondmobiliteit

De variabele grondmobiliteit is de laatste numerieke variabele die besproken dient te worden. De coëfficiënt van deze variabele is niet statistisch significant op het 10% significantieniveau. Wel heeft deze coëfficiënt het verwachte teken. Het teken wijst er immers op dat een toename in grondmobiliteit rondom een bepaalde landbouwgrond, een afname in de geïnflateerde prijs per m² met zich meebrengt. Meer bepaald duidt de coëfficiënt erop dat de geïnflateerde prijs per m² met 0,7608% toeneemt wanneer de grondmobiliteit binnen een straal van 5.000 meter met één eenheid afneemt. Doordat de coëfficiënt statistisch gezien echter niet significant is, kan er niet aangenomen worden dat het gevonden resultaat een werkelijke associatie aanduidt. Er kan dan ook aangenomen worden dat de mate van grondmobiliteit in de omgeving, in de praktijk geen significante rol speelt in de prijsvorming van een bepaald perceel. Mogelijke verklaringen hiervoor kunnen zijn dat landbouwers niet op de hoogte zijn van de mate van grondmobiliteit en dat zij geen moeite doen om de mate van grondmobiliteit te achterhalen. Een andere mogelijke verklaring is dat zij gewoonweg geen belang hechten aan de hoeveelheid grond die rondom een bepaald perceel verkocht is.

7.4.2.7 Bestemmingstype

De eerste verzameling van dummyvariabelen die besproken wordt, bevat de dummy's waarmee de verschillende clusters van bestemmingstypes worden voorgesteld. Zoals af te leiden valt uit tabel 14, is geen enkele coëfficiënt van de vier clusters significant op het 10% significantieniveau. Het teken van zowel de eerste cluster (met onder andere landschappelijk waardevol gebied als bestemmingstype) als de derde cluster (met onder andere natuurgebied als bestemmingstype) is zoals verwacht. De prijzen in de eerste cluster blijken immers hoger te liggen dan in de referentiecategorie (agrarisch gebied), terwijl de prijzen in de derde cluster juist lager blijken te liggen. Het teken van zowel de tweede cluster (met onder andere woongebied als bestemmingstype) als de vierde cluster (met onder andere milieubelastend industriegebied) is

echter niet zoals verwacht werd. De prijzen in deze clusters blijken immers lager te liggen dan de prijzen in de referentiecategorie. Doordat de coëfficiënten van de verschillende clusters echter helemaal niet statistisch significant zijn, kan er niet aangenomen worden dat het gevonden resultaat een werkelijke associatie aanduidt. Gissen naar een mogelijke oorzaak van de niet-verwachte tekens is dan ook verloren moeite. Het soort bestemmingstype blijkt op basis van de ruimtelijke hedonistische prijsvergelijking die weergegeven wordt in tabel 14, in de praktijk geen significante rol te spelen in het prijsvormingsproces.

7.4.2.8 Bodemtype

Een volgende groep van dummyvariabelen die besproken wordt, is de groep van dummyvariabelen waarmee verschillende bodemtypes worden voorgesteld. Zoals te zien valt in tabel 14, zijn de coëfficiënten van slechts twee van de negen opgenomen bodemtypes significant op het 10% significantieniveau. De prijs van veengrond blijkt significant lager te liggen dan de prijs van het referentietype (droge zandgrond). De prijs van antropogene grond blijkt daarentegen significant hoger te liggen dan die van droge zandgrond. Deze resultaten komen overeen met de bevindingen die tijdens de verkennende literatuurstudie gedaan werden. De tekens van de zeven overige coëfficiënten duiden aan dat de prijs van zowel vochtige zandgrond, vochtige zandleemgrond, natte zandleemgrond als natte, antropogene zandgrond hoger ligt dan de prijs van droge zandgrond. De prijs van zowel natte zandgrond, landduingrond als vochtige, antropogene zandgrond blijkt daarentegen lager te liggen dan de prijs van droge zandgrond. Doordat deze zeven laatste coëfficiënten echter niet significant zijn op het 10% significantieniveau, kan er niet aangenomen worden dat het gevonden resultaat voor elk van deze variabelen een werkelijke associatie aanduidt. Op gebied van bodemtype blijken dus enkel de prijzen van veengrond en antropogene grond significant verschillend te zijn van de prijs van droge zandgrond.

7.4.2.9 Jaar van verkoop

De laatste dummyvariabelen die in de ruimtelijke hedonistische prijsvergelijking opgenomen werden, zijn de dummyvariabelen waarmee de verschillende jaren worden voorgesteld. Slechts twee van de zeven jaardummy's blijken een statistisch significante coëfficiënt te hebben op het 10% significantieniveau. De prijzen van landbouwgronden die verkocht werden in 2005 of 2009 blijken significant lager te liggen dan de prijzen van landbouwgronden die verkocht werden in 2011 (het referentiejaar). Verder valt het op dat de coëfficiënten van alle andere jaren, buiten 2010, erop wijzen dat de prijzen in die jaren lager lagen dan in 2011 het geval was. Dit is logisch aangezien in hoofdstuk 6 reeds aangetoond werd dat de gemiddelde prijs van landbouwgrond de laatste jaren een gestage stijging vertoont. De prijzen in 2010 blijken hoger te liggen dan in 2011 het geval was. Met uitzondering van de coëfficiënten van de jaren 2005 en 2009, moet er echter opgelet worden bij de interpretatie van de coëfficiënten van de verschillende jaartallen. Al blijken zij immers de algemene trend goed weer te geven, toch is het zo dat de coëfficiënten van de jaren 2004, 2006, 2007, 2008 en 2010 niet statistisch significant zijn op het 10% significantieniveau. Daardoor kan er voor deze jaren niet aangenomen worden dat de bijhorende resultaten op een

werkelijke associatie duiden. Op gebied van verschil in prijs over de jaren heen, blijken dus enkel de prijzen in de jaren 2005 en 2009 significant lager gelegen te hebben dan in 2011.

7.4.3 Interpretatievoorbeeld

Aangezien de verschillende verbanden die hierboven besproken werden nogal abstract kunnen overkomen, wordt er in de huidige paragraaf een interpretatievoorbeeld weergegeven. Enkel de invloeden van die variabelen waarvan de coëfficiënten statistisch significant zijn op het 10% significantieniveau, komen in het interpretatievoorbeeld expliciet aan bod.

Tabel 15: Verandering in de prijs per m² bij veranderingen in verklarende variabelen.

	Gemiddelde waarde	Mutatie van de geïnflateerde prijs per m ² bij:		
		Wel/Niet	Stijging van: 10%	100%
OPPERVLAKT	17.472,8360		-0,1907%	-1,8903%
BEVDR_1000	457,6801		1,0809%	11,3500%
VEEN	Dummy	-29,0915%		
ANTROPOGEE	Dummy	43,3901%		
JAAR05	Dummy	-19,4597%		
JAAR09	Dummy	-19,2650%		

Vetgedrukt= mutatie prijs per m² altijd hetzelfde (vast getal);

Niet-vetgedrukt= mutatie prijs per m² afhankelijk van omvang van mutatie verklarende variabele.

In bovenstaande tabel wordt weergegeven hoe de geïnflateerde prijs per m² verandert wanneer de gemiddelde waarde van een significante, numerieke variabele met een bepaald percentage toeneemt. Ook de invloed van significante dummyvariabelen op de geïnflateerde prijs per m² wordt nagegaan. Bij de interpretatie van de percentages horende bij de numerieke variabelen, dient benadrukt te worden dat er vertrokken wordt van hun gemiddelde waarden. Er wordt dus uitgegaan van een gemiddelde grootte van landbouwgrond, 17.472,8360 m², en een gemiddelde mate van bevolkingsdruk in een straal van 1.000 meter. Deze gemiddelde bevolkingsdruk komt overeen met 457,6801 adressen. Bij het invullen van de regressie werd verder gebruik gemaakt van de gemiddelde cadmiumconcentratie (1,0990 mg kg⁻¹ bodem), de gemiddelde afstand tot de fabriek (6.760,3844 meter) en de gemiddelde grondmobiliteit in een straal van 5.000 meter (8,8548 gronden). De gemiddeldes van deze laatste drie variabelen zijn in de analyse echter minder belangrijk aangezien het percentuele verschillen zijn die weergegeven worden.

In bovenstaande tabel wordt weergegeven wat er met de geïnflateerde prijs per m² gebeurt wanneer de gemiddelde oppervlakte met 10% of 100% toeneemt. De dalingen in de geïnflateerde prijs per m² ten gevolge van deze toenames bedragen respectievelijk 0,1907% en 1,8903%. Dit resultaat is met het oog op voorgaande besprekingen zeer logisch. Hoe groter immers de oppervlakte van een bepaalde landbouwgrond, hoe lager de relatieve prijs per m² zal liggen. Deze bevinding zorgt ervoor dat de totale prijs van een perceel dat dubbel zo groot is dan een ander perceel, niet dubbel zo hoog is dan prijs van dat andere perceel. Dit kan verduidelijkt worden aan

de hand van een voorbeeld: wanneer de gemiddelde oppervlakte van 17.472,8360 m² verdubbelt, stijgt de bijhorende totale prijs slechts met 96,2194%. Het is de afname in de relatieve prijs per m² die ervoor zorgt dat de verdubbeling in prijs niet juist 100% is.

Wanneer de gemiddelde bevolkingsdruk in een straal van 1.000 meter rondom de landbouwgrond met 10% of 100% toeneemt, stijgt de geïnflateerde prijs per m² met respectievelijk 1,0809% of 11,35%. Ook hier is het weer logisch dat een grotere toename in het aantal adressen een grotere toename in de prijs tot gevolg heeft. Dit heeft logischerwijze te maken met de positieve coëfficiënt van de variabele waarmee bevolkingsdruk wordt voorgesteld. De aangehaalde percentages gelden voor alle mogelijke groottes van landbouwgrond, zolang de bevolkingsdruk waarvan vertrokken wordt 457,6801 bedraagt. Wanneer er niet van deze gemiddelde waarde vertrokken wordt, gaan de percentages logischerwijze veranderen. Dit is een gevolg van het feit dat de regressie een log-lineaire vorm heeft.

In tabel 15 worden tenslotte ook de wijzigingen weergegeven die zich voordoen in de geïnflateerde prijs per m² wanneer er veranderingen plaatsvinden op gebied van dummyvariabelen. De referentie waarvan vertrokken wordt is een landbouwgrond die gecategoriseerd staat als agrarisch gebied, een droge zandbodem heeft en verkocht werd in 2011. Zoals uit tabel 15 valt af te leiden, neemt de geïnflateerde prijs per m² met 29,0915% af wanneer de landbouwgrond geen droge zandbodem, maar veenbodem heeft. Wanneer het daarentegen om een antropogene bodem gaat, neemt de geïnflateerde prijs per m² toe met 43,3901%. Wanneer de landbouwgrond niet in 2011 verkocht werd, maar in 2005 of 2009, neemt de geïnflateerde prijs per m² ten slotte af met respectievelijk 19,4597% en 19,2650%.

7.4.4 Type Verkoop

Als een soort van bijkomende sensitiviteitsanalyse wordt er nagegaan of het model dat weergegeven wordt in bijlage 6 verandert wanneer er naar een bepaald type van verkopen wordt gekeken. De gehele dataset die bestaat uit 372 landbouwgronden wordt opgedeeld in twee aparte datasets. Op die manier ontstaat er een dataset die betrekking heeft op verkopen uit de hand en een dataset die betrekking heeft op openbare verkopen. Deze datasets bevatten respectievelijk 313 en 59 landbouwgronden.

Er wordt voor gekozen om voor elke dataset eerst een model te schatten dat geen rekening houdt met de aanwezigheid van ruimtelijke autocorrelatie. Dit omdat het niet zeker is of de ruimtelijke effecten bij deze modellen nog wel significant aanwezig zijn. De resultaten van het model dat betrekking heeft op verkopen uit de hand, worden weergegeven in bijlage 7. Het verschil tussen dit model en het model dat in bijlage 6 wordt weergegeven, is redelijk groot. De adjusted R²-waarde van het model met de verkopen uit de hand ligt iets lager dan de adjusted R²-waarde van het oorspronkelijke model zonder ruimtelijke autocorrelatie (12,7909% tegenover 13,4260%). Hoewel dit verschil klein is, duiden ook de tekens en significanties van bepaalde coëfficiënten erop dat het oorspronkelijke model beter is. Het teken van de variabele waarmee de cadmiumconcentratie

wordt voorgesteld, is immers niet langer negatief. Daarnaast zijn zowel de coëfficiënt van de variabele waarmee de afstand tot de fabriek wordt voorgesteld als de coëfficiënten van de dummy's waarmee de jaren 2005 en 2009 worden voorgesteld, niet langer significant in de regressie die weergegeven wordt in bijlage 7. Verder scoort deze regressie niet goed op het gebied van aanwezigheid van heteroskedasticiteit. De Koenker-Bassett test is immers statistisch significant op het 5% significantieniveau. Hierdoor wordt de nulhypothese, waarin gesteld wordt dat er homoskedasticiteit aanwezig is, verworpen. Een laatste bemerking in verband met de regressie die betrekking heeft op verkopen uit de hand, is het feit dat er geen bewijs gevonden wordt voor de aanwezigheid van ruimtelijke lag of ruimtelijke fout afhankelijkheid. Hoewel de Moran's I test wijst op een statistisch significante aanwezigheid van misspecificatie, kan er met andere woorden geen bewijs gevonden worden voor het feit dat ruimtelijke autocorrelatie de bron is van deze misspecificatie. Op basis van bovenstaande uitleg kan besloten worden dat de oorspronkelijke regressie, waarin geen rekening gehouden wordt met ruimtelijke autocorrelatie (bijlage 6), beter is dan de regressie die weergegeven wordt in bijlage 7.

In bijlage 8 wordt het model weergegeven dat van toepassing is op de openbare verkopen. Aangezien de bijhorende dataset slechts van 59 landbouwgronden gegevens bevat, kan er verwacht worden dat ook dit model niet beter zal zijn dan het model dat in bijlage 6 wordt weergegeven. Zoals af te leiden valt uit bijlage 8, bevat de regressie die van toepassing is op de openbare verkopen minder verklarende variabelen dan de oorspronkelijke regressie die weergegeven wordt in bijlage 6. Dit komt doordat er niet langer voor elke dummyvariabele waarmee een bepaald bodemtype wordt weergegeven, een observatie in de dataset aanwezig is. Daardoor vallen de bodemtypes vochtig zandleem, nat zandleem, veen en antropogeen weg uit de regressie. De adjusted R^2 -waarde van de regressie in bijlage 8 ligt overigens veel lager dan de adjusted R^2 -waarde van de regressie in bijlage 6 (8,5879% tegenover 13,4260%). Verder is het op gebied van verklarende variabelen zo dat enkel de coëfficiënt van de variabele waarmee het jaar 2008 wordt voorgesteld, statistisch significant is op het 10% significantieniveau. Zoals bij de regressie in bijlage 7 het geval is, wordt er ook bij de regressie in bijlage 8 geen bewijs gevonden voor een statistisch significante aanwezigheid van ruimtelijke lag afhankelijkheid of ruimtelijke fout afhankelijkheid, ook al wijst de Moran's I test weer op een significante aanwezigheid van misspecificatie. Er kan besloten worden dat het model dat weergegeven wordt in bijlage 8, slechter is dan het oorspronkelijke model waarin geen rekening gehouden wordt met de aanwezigheid van ruimtelijke autocorrelatie (bijlage 6).

Volgend op voorgaande redenering kan besloten worden dat het oorspronkelijke model, weergegeven in bijlage 6, beter is dan de modellen die worden weergegeven in bijlage 7 en 8. Hoewel deze laatste twee modellen duidelijk van elkaar verschillen, zorgt vooral de beperkte omvang van de dataset met betrekking tot de openbare verkopen ervoor dat beide modellen niet heel betrouwbaar met elkaar vergeleken kunnen worden. Er kan verwacht worden dat het type verkoop wel degelijk een invloed heeft op de resultaten van een bepaald model, alleen is het zo dat

een opsplitsing in huidig onderzoek geen meerwaarde met zich meebrengt. Een gezamenlijk model waarin zowel de verkopen uit de hand als de openbare verkopen worden opgenomen, lijkt dan ook de meest voor de hand liggende keuze te zijn. Doordat de regressie die weergegeven wordt in tabel 14 op pagina 120 voortbouwde op de regressie die in bijlage 6 wordt weergegeven (door het toevoegen van ruimtelijke lag afhankelijkheid) en doordat deze regressie overigens veel beter bleek te zijn dan die zonder ruimtelijke autocorrelatie, kan er geconcludeerd worden dat deze regressie de meest geschikte is met het oog op huidig onderzoek. De in paragraaf 7.4.2 besproken coëfficiënten mogen dan ook als meest geschikt aanzien worden, omdat ze deel uitmaken van de regressie die in tabel 14 wordt weergegeven.

Dat een opsplitsing tussen verkopen uit de hand en openbare verkopen niet echt nodig is, blijkt bovendien uit onderstaande SPSS output. In tabel 16 wordt voor ieder type van verkoop de gemiddelde, geïnflateerde prijs per m² weergegeven. Zoals uit deze tabel af te leiden valt, ligt de gemiddelde, geïnflateerde prijs van openbare verkopen ongeveer 15% hoger dan de gemiddelde, geïnflateerde prijs van verkopen uit de hand (2,87€/m² tegenover 2,50€/m²). Uit tabel 17 kan afgeleid worden of het verschil in prijs tussen beide types van verkoop statistisch significant is. Aangezien de Levene's test erop wijst dat aangenomen kan worden dat de varianties gelijk zijn, dient er in tabel 17 gekeken te worden naar de bovenste rij van gegevens. De relevante p-waarde in deze rij wordt met behulp van een rode cirkel weergegeven. Aangezien deze p-waarde kleiner is dan 0,10 kan er op het 10% significantieniveau aangenomen worden dat er een significant verschil aanwezig is tussen de prijzen van verkopen uit de hand en de prijzen van openbare verkopen. Wanneer er gebruik gemaakt wordt van een 5% significantieniveau, blijkt het verschil echter niet langer statistisch significant te zijn. Hoewel er dus enig bewijs gevonden wordt voor een statistisch significant verschil tussen prijzen van verkopen uit de hand en prijzen van openbare verkopen, wijst onderstaande SPSS output erop dat een opsplitsing op het 5% significantieniveau niet noodzakelijk is. Er kan dus besloten worden dat tabel 14 op pagina 120 een geschikt, betrouwbaar en nuttig model weergeeft.

Tabel 16: Independent Samples T-Test: Group Statistics.

Group Statistics					
TYPE_VERKOOP		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
GEINPR_MKW	Verkopen uit de hand	313	2,49863706	1,344932320	,076020069
	Openbare verkopen	59	2,86719342	1,322081168	,172120307

Tabel 17: Independent Samples T-Test.

Independent Samples Test							
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference Std. Error Difference
GEINPR_MKW	Equal variances assumed	,040	,842	-1,936	370	,054	-,368556355 ,190381095
	Equal variances not assumed			-1,959	82,253	,054	-,368556355 ,188160706

Hoofdstuk 8: Conclusie

De voormalige aanwezigheid van verontreinigende zinkfabrieken in de Vlaamse NoorderKempen gaf aanleiding tot het uitvoeren van huidig onderzoek. Het zijn immers deze fabrieken die ervoor zorgden dat grote delen van de Vlaamse NoorderKempen verontreinigd werden met stoffen zoals cadmium en zink. Vanwege zijn negatieve effecten op de gezondheid van de mens, is cadmium de stof waarop huidig onderzoek toegespitst werd. Het hoofddoel was om na te gaan of de aanwezigheid van cadmium als verontreinigende stof ervoor zorgt dat de prijs van landbouwgrond in de NoorderKempen lager ligt dan normaal. Omdat aangenomen kan worden dat het echter niet alleen deze factor is die een rol speelt in het prijsvormingsproces van landbouwgrond, werden alle relevante variabelen waarvan verwacht werd dat ze een rol spelen in de totstandkoming van de prijs, in de analyse betrokken. Beperkingen bij het opnemen van deze variabelen waren ondermeer de moeilijke beschikbaarheid van prijsgegevens in het algemeen en het feit dat sommige bijkomende variabelen niet eenvoudig te voorspellen vielen voor elke landbouwgrond in de dataset.

Aangezien prijzen van landbouwgronden logischerwijze tot stand komen bij het overdragen van landbouwgrond, werd er eerst ingegaan op de procedure die doorlopen dient te worden bij deze overdracht. Ook de verschillende actoren en begrippen die aan bod komen bij de overdracht, werden besproken. Een antwoord op volgende deelvraag kon op basis van dit verkennend onderzoek geformuleerd worden:

Waaruit bestaat de procedure die doorlopen dient te worden bij de overdracht van landbouwgrond (risico- en niet-risicogrond)? Welke zijn de actoren die een rol spelen en aan welke voorwaarden moet er voldaan worden vooraleer er overgegaan kan worden tot de overdracht?

Bij het formuleren van een antwoord op bovenstaande deelvraag, leverde vooral de uitwerking van het luik omtrent de te volgen procedures belangrijke bevindingen op. Bij deze uitwerking werd er een onderscheid gemaakt tussen de procedure die doorlopen dient te worden bij de overdracht van risicogronden en de procedure die doorlopen dient te worden bij niet-risicogronden. Omdat het in huidige masterproef gaat over historische verontreiniging, is het daarenboven zo dat beide procedures besproken werden met een historische verontreiniging als uitgangspunt. De procedures die doorlopen dienen te worden bij het overdragen van historisch verontreinigde landbouwgrond, worden schematisch weergegeven in figuur 9 pagina 46. Bij de overdracht van risicogrond dient er eerst een oriënterend bodemonderzoek uitgevoerd te worden. De uitslag van dit bodemonderzoek dient kenbaar gemaakt te worden aan de OVAM. Na het uitvoeren van een oriënterend bodemonderzoek doet een verkoper melding van overdracht en vraagt hij een bodemattest aan. Dit bodemattest bevat de resultaten van het uitgevoerde oriënterend bodemonderzoek. Op basis van deze resultaten en het bodemattest wordt er een uitspraak gedaan over het feit of er aanwijzingen zijn dat het om een ernstige bodemverontreiniging gaat. Slechts wanneer dit niet het geval is, kan de betreffende grond overgedragen worden. In het andere geval moet er gekeken

worden wie als saneringsaansprakelijke aangesteld kan worden. De saneringsaansprakelijke draait op voor de kosten die het uitvoeren van een beschrijvend bodemonderzoek met zich meebrengt. Ook de kosten van de sanering, die uitgevoerd dient te worden wanneer het beschrijvend bodemonderzoek op een ernstige bodemverontreiniging wijst, dienen door de saneringsaansprakelijke gedragen te worden. Pas als een eventuele sanering achter de rug is, kan er overgegaan worden tot overdracht van de voorheen verontreinigde risicogrond. Bij een niet-risicogrond zit de procedure veel eenvoudiger in elkaar. Bij de overdracht van dergelijke grond is het immers voldoende dat de verkoper een bodemattest aanvraagt. Dit attest is in dergelijke gevallen echter meestal niet ingevuld. De vreemde bevinding die dan ook gedaan werd, is dat er perfect tot overdracht van verontreinigde niet-risicogrond overgegaan kan worden, zonder dat de nieuwe eigenaar van de verontreiniging op de hoogte is. Doordat deze bevinding een gevoelige invloed kan hebben op het antwoord dat op volgende deelvraag geformuleerd dient te worden, is het overigens een zeer belangrijke bevinding met het oog op het hoofddoel van huidig onderzoek.

Vooraleer gekeken werd naar variabelen die naast de cadmiumverontreiniging een invloed zouden kunnen hebben op de prijs van landbouwgrond, werd er gezocht naar een geschikte methode op basis waarvan de analyse uitgevoerd kan worden. Al snel bleek de hedonistische prijsanalyse zich hier perfect toe te lenen. Deze methode maakt het immers mogelijk om aan verschillende kenmerken van landbouwgrond een waarde toe te kennen. Deze waarden worden in de hedonistische prijsanalyse afgeleid van de prijs die in het totaal betaald wordt voor alle kenmerken van een bepaalde landbouwgrond. Dit is met andere woorden de verkoopprijs die bij die bepaalde landbouwgrond hoort. Door het feit dat de invloeden van lokale verontreinigingen perfect door de hedonistische prijsanalyse geschat kunnen worden, werd besloten deze methode in huidig onderzoek toe te passen. De hedonistische prijsanalyse werd uitgewerkt door middel van het opstellen van een regressie. Door de prijs van landbouwgrond op te nemen als de te verklaren variabele, kon nagegaan worden wat de invloed is van elk van de verklarende variabelen, waaronder de cadmiumverontreiniging, op de prijs van landbouwgrond. Zoals aangetoond werd in huidig onderzoek, kunnen de coëfficiënten van de verschillende variabelen onder bepaalde voorwaarden geïnterpreteerd worden als MWTP-maatstaven en als aanvaardbare benaderingen voor de lange termijn waarde van de verandering in de bijhorende variabele. Ook kunnen de coëfficiënten onder bepaalde voorwaarden geïnterpreteerd worden als schattingen van welvaartsvoordelen.

Om na te gaan of er sprake is van een effect van de aanwezigheid van cadmiumverontreiniging op de prijs van landbouwgrond, werden er twee maatstaven gebruikt om de cadmiumverontreiniging voor te stellen. Het gaat om een objectieve maatstaf (cadmiumconcentratie) en een subjectieve maatstaf (afstand tot de verontreinigende fabriek). Door deze maatstaven in de zonet vermelde hedonistische prijsvergelijking op te nemen, kon er een antwoord geformuleerd worden op volgende deelvraag:

In welke mate heeft cadmiumverontreiniging een prijsdaling van landbouwgrond, gelegen in de Belgische NoorderKempen, tot gevolg?

Het antwoord op deze deelvraag kon geformuleerd worden na het schatten van de hedonistische prijsvergelijking. Zoals uiteindelijk bleek uit het ruimtelijk model, heeft geen van beide maatstaven een significant effect op de prijs van landbouwgrond. Hoewel het teken van de coëfficiënt van de variabele waarmee de cadmiumconcentratie wordt voorgesteld, voldoet aan de verwachtingen, blijkt er geen bewijs te zijn voor een associatie tussen prijs en cadmiumconcentratie die in werkelijkheid aanwezig is. Er kan dus besloten worden dat cadmiumconcentratie in het onderzoeksgebied geen rol speelt in het prijsvormingsproces van landbouwgrond. Dit valt ondermeer te verklaren door de vreemde bevinding die in het antwoord op de vorige deelvraag geformuleerd werd. Het is logisch dat potentiële kopers die niet op de hoogte zijn van mogelijke verontreiniging, deze verontreiniging niet laten meespelen in de keuze omtrent de prijs die ze bereid zijn te betalen. Een andere verklaring voor de afwezigheid van een significant effect is dat landbouwers mogelijk geen rekening houden met de aanwezigheid van cadmiumverontreiniging, ook al zijn ze van de verontreiniging op de hoogte. Dit kan een gevolg zijn van het feit dat de aanwezige cadmiumconcentratie er in de meeste gevallen niet tot leidt dat de concentratie in de geteelde gewassen, voornamelijk maïs en gras, te hoog ligt.

Ook op het gebied van de subjectieve maatstaf werd er geen significante invloed teruggevonden. De coëfficiënt van de variabele waarmee de afstand tot de fabriek wordt voorgesteld, heeft zelfs een onverwacht teken. Hoewel deze coëfficiënt niet statistisch significant was, kan enigszins aangenomen worden dat het teken ervan in ieder geval negatief is. In het regressiemodel zonder ruimtelijke effecten, is de coëfficiënt immers negatief en significant. Ook in het ruimtelijk regressiemodel is de significantie van deze variabele niet in die mate zwak dat er aangenomen kan worden dat er in werkelijkheid helemaal geen associatie bestaat tussen de prijs van landbouwgrond en de afstand tot de fabriek. Er kan dus enigszins besloten worden dat de prijzen van percelen die dicht bij een fabriek gelegen zijn, hoger liggen dan de prijzen van verderaf gelegen percelen.

Alle relevante variabelen waarvan verwacht werd dat ze een rol spelen in de totstandkoming van de prijs, werden in de analyse betrokken. Het is dus zeker niet zo dat er enkel gekeken werd naar de invloed van cadmiumverontreiniging op de prijs van landbouwgrond. Het opnemen van bijkomende variabelen was overigens nodig omdat er een regressieanalyse werd uitgevoerd. Om ervoor te kunnen zorgen dat de coëfficiënten van de variabelen die in de regressieanalyse opgenomen worden, betrouwbaar geschat worden, is het immers nodig dat er zoveel mogelijk variabelen opgenomen worden die een invloed hebben op de prijs van landbouwgrond. Het opnemen van deze bijkomende variabelen in de hedonistische prijsvergelijking zorgde ervoor dat ook op volgende deelvraag een antwoord geformuleerd kon worden:

Welke andere variabelen (buiten de cadmiumverontreiniging) hebben een invloed op de prijs die voor landbouwgrond betaald wordt?

Zoals uiteindelijk bleek uit het ruimtelijk model, hebben de volgende numerieke variabelen een significant effect op de prijs van landbouwgrond: oppervlakte en bevolkingsdruk in een straal van 1.000 meter. Aan de hand van de hedonistische prijsvergelijking werd aangetoond dat de relatieve, geïnflateerde prijs per m² landbouwgrond afneemt wanneer de oppervlakte van de landbouwgrond toeneemt. De coëfficiënt van de variabele waarmee de oppervlakte wordt voorgesteld, is zeer significant en heeft ook het verwachte teken. De regressie levert dus het bewijs dat er in werkelijkheid in de NoorderKempen wel degelijk een negatieve associatie bestaat tussen de prijs per m² landbouwgrond en de oppervlakte van landbouwgrond. De prijs die Vlaamse landbouwers, gevestigd in de NoorderKempen, per m² betalen voor landbouwgrond, neemt af wanneer de oppervlakte toeneemt. Op gebied van bevolkingsdruk kan besloten worden dat er in werkelijkheid een positieve associatie bestaat met de prijs die voor landbouwgrond betaald wordt. De prijs die landbouwers betalen voor landbouwgrond waarrond er meer adressen gelegen zijn, blijkt significant hoger te zijn dan de prijs van een landbouwgrond met minder adressen in de omtrek. Dit kan een indicatie zijn voor het effect dat uitgaat van de aanwezigheid van een gemeentelijk centrum. Doordat er aangenomen kan worden dat een landbouwgrond waarrond zich meer adressen gelegen zijn, dichterbij het gemeentelijk centrum gelegen is, geeft de variabele bevolkingsdruk onrechtstreeks informatie over het effect van gemeentelijke centra op de prijs van landbouwgrond. Er kan besloten worden dat er meer betaald wordt voor een bepaalde landbouwgrond wanneer deze dichterbij een gemeentelijk centrum gelegen is.

Er zijn ook dummyvariabelen die een significant effect blijken te hebben op de prijs van landbouwgrond. Het eerste soort dummyvariabelen waarbij significante effecten werden vastgesteld, zijn de dummyvariabelen waarmee verschillende bodemtypes worden voorgesteld. Zo blijkt de prijs van landbouwgrond met veenbodem, significant lager te liggen dan de prijs van landbouwgrond met een droge zandbodem. De prijs van landbouwgrond met antropogene bodem blijkt daarentegen significant hoger te liggen dan de prijs die voor landbouwgrond met een droge zandbodem betaald wordt. In het onderzoeksgebied betalen landbouwers blijkbaar meer voor antropogene bodem dan voor droge zandgrond en minder voor veenbodem dan voor droge zandbodem. Het tweede en laatste soort dummyvariabelen waarbij significante effecten werden vastgesteld, zijn de dummyvariabelen waarmee de verschillende jaartallen worden voorgesteld. Zowel in 2005 en 2009 betaalden landbouwers uit de NoorderKempen een significant lagere prijs voor landbouwgrond dan in 2011 het geval was.

Op basis van de resultaten van huidig onderzoek, kan besloten worden dat de cadmiumverontreiniging in de NoorderKempen geen rol speelt in de prijsvormingsprocessen van landbouwgrond. Landbouwers uit deze streek blijken ofwel geen aandacht te besteden aan het feit of een landbouwgrond wel of niet verontreinigd is ofwel niet op de hoogte te zijn van de aanwezigheid van cadmiumverontreiniging. Andere, meer voor de hand liggende variabelen zoals oppervlakte en bevolkingsdruk, hebben in het onderzoeksgebied wel een significante invloed op de prijs van landbouwgrond. Ook blijkt er voor bepaalde bodemtypes meer betaald te worden dan

voor andere. De stijgende trend die de prijs van landbouwgrond de laatste jaren vertoont, blijkt zich ten slotte ook in het onderzoeksgebied door te zetten.

Hoofdstuk 9: Suggesties voor verder onderzoek

Bij het uitvoeren van huidig onderzoek kwamen er aspecten aan bod die mogelijk nog verdere aandacht verdienen. Deze suggesties, die aan bod kunnen komen in bijkomend onderzoek, worden hieronder weergegeven:

1. Bepaalde verklarende variabelen werden niet in huidig onderzoek opgenomen omdat de gevormde dataset niet uitgebreid genoeg was en de variabelen in kwestie zeer moeilijk te meten vielen. Dit was het geval voor variabelen zoals het onderscheid tussen teelt- en weidegrond en de afstand tot een natuurgebied. In verder onderzoek kan er gezocht worden naar bijkomende gegevens op gebied van deze variabelen. Daardoor kan er rekening gehouden worden met hun eventuele invloed op de prijs van landbouwgrond.
2. In huidige masterproef werd reeds aangehaald dat prijzen van openbare verkopen hoger kunnen liggen dan prijzen van verkopen uit de hand. Dit werd in huidig onderzoek aangetoond door een analyse uit te voeren met behulp van SPSS. Een bijkomende mogelijkheid bestaat erin om de verschillende types van verkoop als dummyvariabelen in de hedonistische prijsvergelijking op te nemen.
3. De cadmiumconcentraties die aanwezig zijn in de bodems van landbouwgronden werden in huidig onderzoek voorspeld aan de hand van de 'ordinary kriging interpolation method'. In verder onderzoek is het mogelijk om andere methodes van voorspelling te gebruiken en te kijken wat de invloed hiervan is op de resultaten die bekomen worden.
4. Hoewel in huidige masterproef enkel de eerste fase van de hedonistische prijsanalyse werd uitgevoerd, kan het in verder onderzoek mogelijk zijn om ook de tweede fase uit te voeren. Hiervoor zijn echter gegevens op individueel niveau vereist (socio-economische data), die niet eenvoudig te verkrijgen zijn door hun confidentieel karakter.
5. Hoewel testen er in huidige masterproef op wezen dat er geen sprake is van ruimtelijke heterogeniteit, zou het een optie kunnen zijn om toch verschillende hedonistische prijsvergelijkingen te schatten voor verschillende gebieden. Zo kan er bijvoorbeeld een aparte prijsvergelijking opgesteld worden voor elk gebied rondom een bepaalde fabriek.
6. In huidig onderzoek werd ervoor gekozen om een ruimtelijke prijsvergelijking te schatten op basis van cross-sectionele data. Dit werd in huidig onderzoek gedaan met behulp van het programma GeoDa. Een interessante mogelijkheid voor verder onderzoek bestaat erin paneldata te gebruiken. Vertrekkende van deze data zou er met behulp van STATA een random of fixed effects model opgesteld kunnen worden waardoor er rekening gehouden kan worden met variabelen die veranderen in de tijd.

Lijst van geraadpleegde werken

Alberini, A. ((z.d.)). *Hedonic Pricing Methods*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 1 november, 2011 via http://www.ivm.vu.nl/en/Images/CBA3_tcm53-161539.pdf.

Ampe, P., A. De Wulf, et al. ((z.d.)). *De rol van GIS bij de hedonische waardebeoordeling van vastgoed*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 1 november, 2011 via http://www.ivm.vu.nl/en/Images/CBA3_tcm53-161539.pdf.

Anselin, L. (2005). *Exploring Spatial Data with GeoDa: A Workbook*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 1 februari, 2012 via <http://geodacenter.asu.edu/system/files/geodaworkbook.pdf>.

Archer, J. C. and R. E. Lonsdale (1997). Geographical aspects of US farmland values and changes during the 1978-1992 period. *Journal of Rural Studies* 13(4): 399-413.

Bartik, T. J. (1988). Measuring the benefits of amenity improvements in hedonic price models. *Land Economics* 64(2): 172-183.

Bastian, C. T., D. M. McLeod, et al. (2002). Environmental amenities and agricultural land values: a hedonic model using geographic information systems data. *Ecological Economics* 40(3): 337-349.

Bell, R. (1998). The impact of detrimental conditions on property values. *Appraisal Journal* 66(4): 380.

Bergen, D. (2011). *Grond te koop? Elementen voor de vergelijking van prijzen van landbouwgronden en onteigeningsvergoedingen in Vlaanderen en Nederland*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 27 oktober, 2011 via <http://lv.vlaanderen.be/nlapps/docs/default.asp?id=2350>.

Bishop, K. C. and C. Timmins (2011). *Hedonic Prices and Implicit Markets: Consistent Estimation of Marginal Willingness to Pay for Differentiated Products Without Exclusion Restrictions*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 2 november, 2011 via https://editorialexpress.com/cgi-bin/conference/download.cgi?db_name=NASM2011&paper_id=498.

Bockstael, N. E. (1996). Modeling economics and ecology: The importance of a spatial perspective. *American Journal of Agricultural Economics* 78(5): 1168-1180.

Boschmans, K. (2010). *De economische en politieke haalbaarheid van saneringen*. Opgevraagd op 24 augustus, 2011 via <http://www.vkwmetena.be/artikels/de-economische-en-politieke-haalbaarheid-van-saneringen>.

Busschaert, L. (2011). *Prijs van landbouwgrond met 5,2% gestegen*. Opgevraagd op 27 oktober, 2011 via <http://agripres.be/start/artikel/452587/nl>.

Chaney, R. L., M. Malik, et al. (1997). Phytoremediation of soil metals. *Current Opinion in Biotechnology* 8(3): 279-284.

Clauw, F. (2007). *The effect of soil contamination on real estate value: a hedonic pricing approach based on different risk measures*. Doctoraatproefschrift Universiteit Hasselt.

Commissie van de Europese gemeenschappen (2006). *Verordening (EG) Nr. 1881/2006 van de commissie van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 18 augustus, 2011 via <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2006R1881:20110520:EN:PDF>.

Commissie van de Europese gemeenschappen (2010). *Bijlage I van het ministerieel besluit van 12 februari 1999 betreffende de handel en het gebruik van producten die bestemd zijn voor het voederen van dieren*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 23 augustus, 2011 via <http://www.health.belgium.be/eportal/AnimalsandPlants/animalhealth/animalnutrition/contaminants/index.htm>.

Cotteleer, G., J. Luijt, et al. (2007). *Oorzaken van verschillen in grondprijzen : een hedonische prijsanalyse van de agrarische grondmarkt*. Wageningen, Wageningen UR: 84.

Cotteleer, G., T. Stobbe, et al. (2011). Bayesian model averaging in the context of spatial hedonic pricing: an application to farmland values. *Journal of Regional Science* 51(3): 540-557.

Degryse, F. and E. Smolders (2006). Mobility of Cd and Zn in polluted and unpolluted Spodosols. *European Journal of Soil Science* 57(2): 122-133.

Departement Landbouw en Visserij (2008). *Gemiddelde bedrijfsgrootte per gemeente*. Opgevraagd op 21 maart, 2011 via http://lv.vlaanderen.be/nlapps/data/docattachments/yperdi_landbouwbedrijven%20en%20-areaal.pdf.

Diamond Jr, D. B. and B. A. Smith (1985). Simultaneity in the market for housing characteristics. *Journal of Urban Economics* 17(3): 280-292.

Dienst landelijk gebied (2005). *Ontwikkelingen op de agrarische grondmarkt tot 1 januari 2005*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 17 oktober, 2011 via http://www.minInv.nl/txmpub/files/?p_file_id=14181.

Dienst landelijk gebied (2011). *Grondprijsmonitor 2010, recente ontwikkelingen in de agrarische grondmarkt*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 17 oktober, 2011 via <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2011/09/01/grondprijsmonitor-2010.html>.

Ekeland, I., J. J. Heckman, et al. (2002). Identifying hedonic models. *American Economic Review* 92(2): 304-309.

FOD Economie (2010). *Definitieve resultaten van de landbouwtelling van mei 2010*. Opgevraagd op 12 september, 2011 via http://statbel.fgov.be/nl/modules/pressrelease/statistieken/economie/recensement_agricole_de_mai_2010.jsp.

Gerhardt, K. E., X.-D. Huang, et al. (2009). Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: Potential and challenges. *Plant Science* 176(1): 20-30.

Greenstone, M. and J. Gallagher (2008). Does hazardous waste matter? Evidence from the housing market and the superfund program. *Quarterly Journal of Economics* 123(3): 951-1003.

Gundimeda, H. ((z.d.)). *Hedonic price method - A Concept Note*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 1 november, 2011 via <http://coe.mse.ac.in/dp/hedonic%20price.pdf>.

Hogervorst, J., M. Plusquin, et al. (2007). House dust as possible route of environmental exposure to cadmium and lead in the adult general population. *Environmental Research* 103(1): 30-37.

Janssens, W., K. Wijnen, et al. (2008). *Marketing Research with SPSS*, Prentice Hall.

Jomova, K. and M. Valko (2011). Advances in metal-induced oxidative stress and human disease. *Toxicology* 283(2-3): 65-87.

Kanemoto, Y. (1988). Hedonic prices and the benefits of public projects. *Econometrica* 56(4): 981-989.

Keller, C. (2006). Factors limiting efficiency of phytoextraction at multi-metal contaminated sites. *Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils*. J.-L. Morel, G. Echevarria and N. Goncharova, Springer Netherlands. 68: 241-266.

Kennedy, G. A., M. Dai, et al. (1996). A GIS-based approach for including topographic and locational attributes in the hedonic analysis of rural land values. *American Journal of Agricultural Economics* 78(5): 1419-1419.

Kohlhase, J. E. (1991). The Impact of Toxic Waste Sites on Housing Values. *Journal of Urban Economics* 30(1): 1.

Koopmans, G. F., P. F. A. M. Römkens, et al. (2008). Feasibility of phytoextraction to remediate cadmium and zinc contaminated soils. *Environmental Pollution* 156(3): 905-914.

Korthals Altes, W. and E. Van Rij (2005). *Grondmobiliteit*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 29 december, 2011 via

http://www.feweb.vu.nl/gis/research/Metroland/publications/docs/Korthals%20Altes_Van%20Rij_Grondmobiliteit.pdf.

Kuminoff, N. V., C. F. Parmeter, et al. (2010). Which hedonic models can we trust to recover the marginal willingness to pay for environmental amenities? *Journal of Environmental Economics and Management* 60(3): 145-160.

Kuminoff, N. V. and J. C. Pope (2010). *Hedonic Equilibria, Land Value Capitalization, and the Willingness to Pay for Public Goods*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 4 november, 2011 via <http://www.public.asu.edu/~nkuminof/KP10.pdf>.

Lauwerys, R., A. Amery, et al. (1990). Health-effects of environmental exposure tot cadmium - objectives, design and organization of the cadmibel study - a cross-sectional morbidity study carried out in Belgium from 1985 to 1989. *Environmental Health Perspectives* 87: 283-289.

Lenntech (z.d.). *Zink-Zn*. Opgevraagd op 12 augustus, 2011 via <http://www.lenntech.nl/periodiek/elementen/zn.htm>.

Leong, C. T., University of South Australia and International Graduate School (2002). *Residential property preferences in Penang, Malaysia [sic] : a hedonic price approach*.

Lewandowski, I., U. Schmidt, et al. (2006). The economic value of the phytoremediation function - Assessed by the example of cadmium remediation by willow (*Salix ssp*). *Agricultural Systems* 89(1): 68-89.

Luijt, J., J. W. Kuhlman, et al. (2003). *Agrarische grondprijzen onder stedelijke druk : stedelijke optiewaarde en agrarische gebruikswaarde afhankelijk van ligging*. Wageningen, Natuurplanbureau: 74.

Malpezzi, S. (2002). *Hedonic Pricing Models: A Selective and Applied Review*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 2 november, 2011 via <http://econpapers.repec.org/paper/wopwisule/02-05.htm>.

McClelland, G. H., W. D. Schulze, et al. (1987). Improving accuracy and reducing costs of environmental benefit assessments. Risk communication for Superfund sites: an analysis of problems and objectives. *USEPA*: 141.

Mead, M. N. (2010). Cadmium confusion. Do Consumers Need Protection? *Environmental Health Perspectives* 118(12): A528-A534.

Medisch Milieukundigen van de Kempense en Limburgse Logo's ((z.d.)). *Cadmiumwebtool*. Opgevraagd op 13 oktober, 2011 via <http://www.zorg-en-gezondheid.be/cadmiumwebtool/>.

Mendelsohn, R., W. D. Nordhaus, et al. (1994). The impact of global warming on agriculture - a ricardian analysis. *American Economic Review* 84(4): 753-771.

Milieurapport Vlaanderen (2006). *Bodem Schaalvergroting in de aanpak van bodemverontreiniging*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 12 maart, 2011 via http://www.milieurapport.be/Upload/Main/MiraData/MIRA-T/02_THEMAS/02_15/SYNTHESETEKST_MIRAT2006-08DEF.PDF.

Milieurapport Vlaanderen (2010). *Zware metalen in bodem*. Opgevraagd op 10 augustus, 2011 via <http://www.milieurapport.be/nl/feitencijfers/MIRA-T/milieuthemas/verspreiding-van-zware-metalen/Zware%20metalen%20in%20bodems%20en%20waterbodems/zware-metalen-in-bodem/>.

Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij (2008). *BeNeKempen: Scenario's voor beheer en sanering van de grensoverschrijdende bodemverontreiniging in de Kempen*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 9 augustus, 2011 via <http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/offonce/pid/176?actionReq=actionPubDetail&fileItem=1707>.

Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij (2009). *Code van Goede Praktijk - Inventaris verdachte stoffen per VLAREBO rubriek*. Opgevraagd op 14 april, 2011 via http://ovam.be/jahia/Jahia/cache/bypass/pid/808?appid=17261_39&appparams=http%3A%2F%2Fovam.be%2FverdachteStoffenWeb%2FVerdachteStoffenServlet&resetAppSession=true#field_17261.

Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij (2009). *Handleiding overdrachten volgens het Bodemdecreet*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 14 maart, 2011 via <http://www.epc-platform.be/files/Handleiding-Bodemattest-bij-Overdracht-volgens-Bodemdecreet-2009-OVAM.pdf>.

Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij (2011). *Standaardprocedure Oriënterend Bodemonderzoek*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 12 april, 2011 via http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/bypass/pid/176?appid=39739_29&appparams=http%3A%2F%2Fwww.ovam.be%2FovamPublicationsWeb_myjahiasite%2FPublicaties&resetAppSession=true#field_39739.

Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij, H. B. (2008). *Sustainable use of metal contaminated agricultural soils: Cultivation of energy crops as an alternative for classical agriculture*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 6 september, 2011 via http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/bypass/pid/176?appid=39739_29&appparams=http%3A%2F%2Fwww.ovam.be%2FovamPublicationsWeb_myjahiasite%2FPublicaties&resetAppSession=true#field_39739.

- Padmavathiamma, P. and L. Li (2007). Phytoremediation Technology: Hyper-accumulation Metals in Plants. *Water, Air, & Soil Pollution* 184(1-4): 105-126.
- Palmquist, R. B. (1992). A note on transactions costs, moving costs, and benefit measurement. *Journal of Urban Economics* 32(1): 40-44.
- Palmquist, R. B. and A. Israngkura (1999). Valuing air quality with hedonic and discrete choice models. *American Journal of Agricultural Economics* 81(5): 1128-1133.
- Patton, M. and S. McErlean (2003). Spatial effects within the agricultural land market in Northern Ireland. *Journal of Agricultural Economics* 54(1): 35-54.
- Pearce, D. and I. Brisson (1993). Batneec - the economics of technology-based environmental standards, with a UK case illustration. *Oxford Review of Economic Policy* 9(4): 24-40.
- Peeters, K. (2006). *Actieplan cadmium*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 9 augustus, 2011 via http://www.zorg-en-gezondheid.be/v2_search.aspx?searchtext=actieplan%20cadmium&folderid=2211.
- Plantinga, A. J., R. N. Lubowski, et al. (2002). The effects of potential land development on agricultural land prices. *Journal of Urban Economics* 52(3): 561-581.
- Plantinga, A. J. and D. J. Miller (2001). Agricultural land values and the value of rights to future land development. *Land Economics* 77(1): 56-67.
- Projectbureau Actief Bodembeheer de Kempen (2008). *Cadmium op landbouwpercelen in de Kempen*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 3 maart, 2011 via <http://www.abdk.nl/html/media/documenten/Brochure%20landbouw.pdf>.
- Provost, E., A. Menard, et al. (2006). Fluctuations in land values in a rural municipality in southern Quebec, Canada. *Canadian Geographer-Geographe Canadien* 50(4): 450-464.
- Raymond B, P. (1992). Valuing localized externalities. *Journal of Urban Economics* 31(1): 59-68.
- Ready, R. C. (2010). Do Landfills Always Depress Nearby Property Values? *Journal of Real Estate Research* 32(3): 321-339.
- Reichert, A. K., M. Small, et al. (1992). The Impact of Landfills on Residential Property Values. *Journal of Real Estate Research* 7(3): 297.
- Rietra, R. P. J. J., Römken, P.A.F.M. & Japenga, J. (2004). *Cadmium en zink in de bodem en landbouwgewassen in de Kempen*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 3 maart, 2011 via <http://content.alterra.wur.nl/Webdocs/PDFFiles/Alterraraapporten/AlterraRapport974.pdf>.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2002). *Nationale Natuurverkenning 2: 2000-2030*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 29 december, 2011 via <http://www.rivm.nl/bibliotheek/digitaaldepot/NV2-deel1.pdf>.

Salt, D. E., M. Blaylock, et al. (1995). Phytoremediation - a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. *Bio-Technology* 13(5): 468-474.

Satarug, S., S. H. Garrett, et al. (2011). Cadmium, environmental exposure, and health outcomes. *Ciencia & Saude Coletiva* 16(5): 2587-2602.

Schauwvlieghe, J. (2009). *Eindrapportering uitvoering "Actieplan cadmium"*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 20 mei, 2011 via <http://www.lne.be/themas/milieu-en-gezondheid/acties/cadmiumproblematiek/eindrapportering-cadmium-1>.

Schreurs, E., T. Voets, et al. (2011). GIS-based assessment of the biomass potential from phytoremediation of contaminated agricultural land in the Campine region in Belgium. *Biomass and Bioenergy* 35(10): 4469-4480.

Staessen, J., A. Amery, et al. (1991). Effects of exposure to cadmium on calcium-metabolism - a population study. *British Journal of Industrial Medicine* 48(10): 710-714.

Staessen, J. A., T. Kuznetsova, et al. (2000). Exposure to cadmium and conventional and ambulatory blood pressures in a prospective population study. *American Journal of Hypertension* 13(2): 146-156

Stock, J. H. and M. W. Watson (2007). *Introduction to Econometrics*, Pearson Education.

Taber, C. (2010). *Dummy Explanatory Variables*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 13 januari, 2012 via <http://www.ssc.wisc.edu/~ctaber/410/dummy.pdf>.

Taylor, L. O. (2008). Theoretical Foundations and Empirical Developments in Hedonic Modeling Hedonic Methods in Housing Markets. A. Baranzini, J. Ramirez, C. Schaerer and P. Thalmann, *Springer New York*: 15-37.

Thayer, M., H. Albers, et al. (1992). The Benefits of Reducing Exposure to Waste Disposal Sites: A Hedonic Housing Value Approach. *Journal of Real Estate Research* 7(3): 265.

The Interstate Technology & Regulatory Council Phytotechnologies Team (2009). *Phytotechnology Technical and Regulatory Guidance and Decision Trees, Revised*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 7 september, 2011 via <http://www.itrcweb.org/Documents/PHYTO-3.pdf>.

Thewys, T., N. Witters, et al. (2010). Economic Viability of Phytoremediation of a Cadmium Contaminated Agricultural Area Using Energy Maize. Part I: Effect on the Farmer's Income. *International Journal of Phytoremediation* 12(7): 650-662.

Vangronsveld, J., R. Herzig, et al. (2009). Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field. *Environmental Science and Pollution Research* 16(7): 765-794.

Vlaamse Milieu Maatschappij (2006). *Verspreiding van zware metalen*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 12 augustus, 2011 via <http://www.vito.be/VITO/OpenWoDocument.aspx?vovitoguid=A356A3D1-A266-4002-95FF-59FE48BA6B8E>.

Vlaamse Milieu Maatschappij (2010). *Achtergronddocument verspreiding zware metalen*. Opgevraagd op 12 augustus, 2011 via <http://www.milieurapport.be/nl/feitencijfers/MIRA-T/milieuthemas/verspreiding-van-zware-metalen/Zware%20metalen%20in%20bodems%20en%20waterbodems/zware-metalen-in-bodem/>.

Vlaamse overheid (2008). *Blootstellingsonderzoek Noorderkempen (BONK). Geïntegreerd rapport*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 23 augustus, 2011 via <http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/offonce/pid/176?actionReq=actionPubDetail&fileItem=1806>.

Vlaamse overheid (2009). *Titel I van het VLAREM + bijlage(n). Besluit van de Vlaamse regering van 6 februari 1991 houdende vaststelling van het vlaams reglement betreffende de milieuvergunning. Geconsolideerde versie van 2 maart 2009*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 6 oktober, 2011 via <http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/offonce/pid/176?actionReq=actionPubDetail&fileItem=1955>.

Vlaamse overheid (2010). *Besluit van de Vlaamse regering houdende vaststelling van het Vlaams reglement betreffende de bodemsanering en de bodembescherming. Geconsolideerde versie van 20 juli 2010*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 16 augustus, 2011 via <http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/offonce/pid/176?actionReq=actionPubDetail&fileItem=2409>.

Vlaamse overheid (2011). *Decreet van 27 oktober 2006 betreffende de bodemsanering en de bodembescherming. Geconsolideerde versie van 28 februari 2011*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 27 augustus, 2011 via <http://ovam.be/jahia/Jahia/cache/offonce/pid/176?actionReq=actionPubDetail&fileItem=2408>.

Vlaamse Overheid BedrijfsInformatie Platform (2010). *Lokale Statistieken Landbouw*. Opgevraagd op 12 september, 2011 via [http://vobip-publiek.vlaanderen.be/cognos8/cgi-bin/cognosisapi.dll?b_action=cognosViewer&ui.action=run&ui.object=%2fcontent%2ffolder\[%40name%3d%27Inhoud%27\]%2ffolder\[%40name%3d%27Beleidsdomein%20DAR-SVR%27\]%2ffolder\[%40name%3d%27Lokale%20Statistieken%20%28internet%2bintranet%29](http://vobip-publiek.vlaanderen.be/cognos8/cgi-bin/cognosisapi.dll?b_action=cognosViewer&ui.action=run&ui.object=%2fcontent%2ffolder[%40name%3d%27Inhoud%27]%2ffolder[%40name%3d%27Beleidsdomein%20DAR-SVR%27]%2ffolder[%40name%3d%27Lokale%20Statistieken%20%28internet%2bintranet%29)

27]%2ffolder[%40name%3d%27Landbouw%27]%2ffolder[%40name%3d%27kant-en-klare-rapporten%27]%2freport[%40name%3d%27landbouw_gemeente_kek%27]&ui.name=landbouw_gemeente_kek&run.outputFormat=&run.prompt=true&ui.backURL=%2fcognos8%2fcgi-bin%.

Vlaamse Regering (2010). *Ontwerp van besluit van de Vlaamse Regering houdende vaststelling van het Vlaams reglement betreffende de bodemsanering en de bodembescherming*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 17 augustus, 2011 via <http://www.grondbank.be/pdf/Vlarebo.pdf>.

Wilhelmsson, M. (2002). Spatial Models in Real Estate Economics. *Housing, Theory and Society* 19(2): 92-101.

Wilkens, B. J. (1995). *Evidence for groundwater contamination by heavy metals through soil passage under acidifying conditions = Bodempassage als route voor grondwaterverontreiniging door zware metalen onder verzurende omstandigheden*. Utrecht, RU Utrecht.

Wins, C. (2008). *Fytoremediatie in de Belgische Kempen. Effect op het landbouwinkomen*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 28 augustus, 2011 via <https://doclib.uhasselt.be/dspace/handle/1942/8622>.

Wong, M. (2010). *The relationship between marginal willingness-to-pay in the hedonic and discrete choice models*. [Elektronische versie]. Opgevraagd op 14 februari, 2012 via http://real-estate.wharton.upenn.edu/documents/research/MaisyWong_HedonicDiscrete.pdf.

Xu, F., R. C. Mittelhammer, et al. (1993). Measuring the contributions of site characteristics to the value of agricultural land. *Land Economics* 69(4): 356-369.

Bijlagen

Bijlage 1: Prijsgegevens Stadim

[illegible]

Mol	2002	41	5.298	18.153 €	30.675 €																
	2003	30	4.309	18.438 €	24.559 €	11	921	29.707 €	41.304 €	68	2.966	17.923 €	26.181 €	22	6.701	14.128 €	17.624 €	10	204.440	16.192 €	17.107 €
	2004	40	65.472	16.085 €	22.391 €																
	2005	75	2.488	146.735 €	600.000 €																
	2006	78	12.589	80.643 €	553.546 €	63	787	429.906 €	750.922 €	103	2.931	53.526 €	294.810 €	23	6.631	17.435 €	25.729 €	11	64.445	19.446 €	24.043 €
	2007	47	11.256	21.237 €	32.848 €																
Neerpelt	2002	27	15.927	23.353 €	30.081 €																
	2003	25	14.912	20.097 €	24.809 €	16	751	31.598 €	64.382 €	19	3.907	22.953 €	30.081 €	12	7.264	19.784 €	24.977 €	27	24.439	20.417 €	25.076 €
	2004	22	9.510	24.274 €	27.475 €																
	2005	26	10.371	28.794 €	64.410 €																
	2006	45	14.807	23.394 €	25.306 €	16	742	114.614 €	368.002 €	19	3.714	24.091 €	36.063 €	23	7.319	22.842 €	25.160 €	23	21.815	22.211 €	24.999 €
	2007	10	1.980	47.090 €	98.039 €																
Overpelt	2002	26	13.029	20.038 €	24.523 €																
	2003	23	11.164	27.347 €	55.982 €	11	775	60.538 €	116.450 €	26	2.681	25.294 €	50.213 €	17	7.798	20.452 €	25.215 €	17	28.207	23.969 €	26.723 €
	2004	22	8.480	37.690 €	103.200 €																
	2005	27	4.588	138.188 €	421.977 €																
	2006	18	6.502	30.594 €	65.492 €	20	653	271.323 €	677.348 €	36	2.778	75.700 €	397.583 €	8	7.230	18.608 €	25.472 €	10	41.274	16.512 €	23.438 €
	2007	29	3.477	23.227 €	56.306 €																
Totaal	2002	212	11.427	16.235 €	24.173 €	18	446	30.829 €	46.691 €	84	3.616	18.503 €	27.007 €	64	7.226	12.500 €	16.523 €	46	26.485	15.671 €	20.261 €
	2003	165	8.177	17.410 €	25.000 €	13	770	27.172 €	47.876 €	71	3.159	18.331 €	29.493 €	45	7.221	15.523 €	22.769 €	36	15.904	16.251 €	20.598 €
	2004	150	23.293	18.067 €	26.912 €	18	1.050	37.952 €	61.212 €	66	3.421	15.945 €	24.377 €	34	6.967	15.249 €	22.999 €	32	90.352	19.185 €	26.594 €
	2005	275	4.885	74.265 €	390.488 €	94	647	374.599 €	683.033 €	117	2.981	95.803 €	331.374 €	37	7.022	15.987 €	23.128 €	27	22.237	16.543 €	22.185 €
	2006	296	9.455	34.140 €	263.277 €	90	806	413.679 €	749.955 €	100	3.273	61.133 €	281.322 €	53	7.016	19.969 €	25.013 €	53	29.718	15.967 €	21.596 €
	2007	199	7.546	27.681 €	194.450 €	45	704	228.606 €	660.451 €	90	2.958	49.539 €	239.894 €	41	7.682	15.590 €	20.612 €	23	33.549	19.269 €	23.657 €

[illegible]

Bijlage 2: Beschrijvende statistieken

	Aantal	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Standaard- afwijking
GEINPR_MKW	372	,22	8,86	2,5572	1,34624
GEM_CD	372	,26	5,75	1,0990	,85405
AFST_FABR	372	787,00	15915,00	6760,3844	3200,06971
OPPERVLAKT	372	80,00	1471000,00	17472,8360	94282,55608
AFST_CENTR	372	214,00	12762,00	3228,2984	1757,44001
BEVDR_1000	372	,00	2038,00	457,6801	357,15188
GRMOB_5000	372	1,00	24,00	8,8548	4,74588
<u>TYP0900</u>	372	,00	1,00	,4543	,49858
TYP0901	372	,00	1,00	,3710	,48371
TYP0910	372	,00	1,00	,0161	,12614
TYP0100	372	,00	1,00	,0188	,13606
TYP0102	372	,00	1,00	,0027	,05185
TYP0105	372	,00	1,00	,0134	,11531
TYP0701	372	,00	1,00	,0672	,25071
TYP0702	372	,00	1,00	,0027	,05185
TYP0800	372	,00	1,00	,0054	,07322
TYP0810	372	,00	1,00	,0027	,05185
TYP0200	372	,00	1,00	,0027	,05185
TYP0402	372	,00	1,00	,0027	,05185
TYP0500	372	,00	1,00	,0134	,11531
TYP0600	372	,00	1,00	,0134	,11531

TYP1002	372	,00	1,00	,0027	,05185
TYP1200	372	,00	1,00	,0054	,07322
TYP1630	372	,00	1,00	,0054	,07322
<u>DROOG_ZAND</u>	372	,00	1,00	,1801	,38479
VOCHT_ZAND	372	,00	1,00	,3118	,46386
VOCH_Z_ANT	372	,00	1,00	,1640	,37075
VOCH_ZLEEM	372	,00	1,00	,0027	,05185
NAT_ZAND	372	,00	1,00	,2177	,41327
NAT_Z_ANTR	372	,00	1,00	,0376	,19057
NAT_ZLEEM	372	,00	1,00	,0161	,12614
VEEN	372	,00	1,00	,0323	,17692
LANDDUIN	372	,00	1,00	,0108	,10328
ANTROPOGEE	372	,00	1,00	,0269	,16196
JAAR00	372	,00	,00	,0000	,00000
JAAR01	372	,00	,00	,0000	,00000
JAAR02	372	,00	,00	,0000	,00000
JAAR03	372	,00	,00	,0000	,00000
JAAR04	372	,00	1,00	,0672	,25071
JAAR05	372	,00	1,00	,1371	,34441
JAAR06	372	,00	1,00	,1478	,35543
JAAR07	372	,00	1,00	,0887	,28471
JAAR08	372	,00	1,00	,1183	,32337
JAAR09	372	,00	1,00	,1694	,37557
JAAR10	372	,00	1,00	,1613	,36829

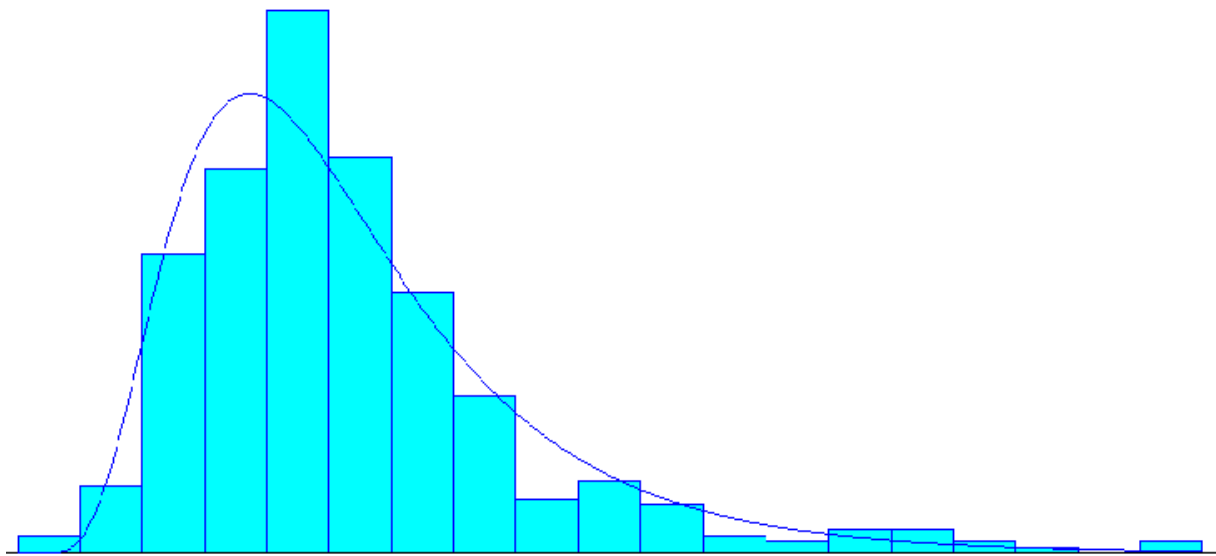
<u>JAAR11</u>	372	,00	1,00	,1102	,31358
BALEN	372	,00	1,00	,1855	,38921
<u>HAMONT_ACH</u>	372	,00	1,00	,0726	,25980
HECHTEL_EK	372	,00	1,00	,1048	,30676
LOMMEL	372	,00	1,00	,1801	,38479
MOL	372	,00	1,00	,1882	,39138
NEERPELT	372	,00	1,00	,1237	,32963
OVERPELT	372	,00	1,00	,1452	,35274
Valid N (listwise)	372				

Bijlage 3: Clusteranalyse

Cluster Membership				
Grond	6 Clusters	5 Clusters	4 Clusters	3 Clusters
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	1	1
6	1	1	1	1
7	1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	1	1	1	1
10	1	1	1	1
11	1	1	1	1
12	1	1	1	1
13	1	1	1	1
14	1	1	1	1
15	1	1	1	1
16	1	1	1	1
17	1	1	1	1
18	1	1	1	1
19	1	1	1	1
20	1	1	1	1
21	1	1	1	1
22	2	1	1	1
23	1	1	1	1
24	2	1	1	1
25	1	1	1	1
26	1	1	1	1
27	1	1	1	1
28	2	1	1	1
29	2	1	1	1
30	1	1	1	1
31	1	1	1	1
32	1	1	1	1
33	1	1	1	1
34	1	1	1	1
35	1	1	1	1
36	1	1	1	1
37	1	1	1	1

38	1	1	1	1
39	1	1	1	1
40	1	1	1	1
342	1	1	1	1
343	1	1	1	1
344	1	1	1	1
345	1	1	1	1
346	1	1	1	1
347	1	1	1	1
348	1	1	1	1
349	1	1	1	1
350	1	1	1	1
351	1	1	1	1
352	1	1	1	1
353	1	1	1	1
354	1	1	1	1
355	1	1	1	1
356	2	1	1	1
357	1	1	1	1
358	1	1	1	1
359	1	1	1	1
360	1	1	1	1
361	1	1	1	1
362	1	1	1	1
363	1	1	1	1
364	1	1	1	1
365	1	1	1	1
366	1	1	1	1
367	1	1	1	1
368	1	1	1	1
369	1	1	1	1
370	1	1	1	1
371	1	1	1	1
372	1	1	1	1

Bijlage 4: Verdeling van geïnflateerde prijsgegevens



Bijlage 5: Bestemmingstypes geclusterd

Cluster	Types
BEST_TYPE1	0901: Landschappelijk waardevol agrarisch gebied 0910: Agrarisch gebied
BEST_TYPE2	0100: Woongebied 0102: Woongebied met landelijk karakter 0105: Woonuitbreidingsgebied
BEST_TYPE3	0701: Natuurgebied 0702: Natuurgebied met ecologisch belang 0800: Bosgebied 0810: Bosgebied met ecologisch belang
BEST_TYPE4	0200: Gebied voor gemeenschapsvoorziening / openbaar nut 0402: Gebied voor verblijfsrecreatie 0500: Parkgebied 0600: Bufferzone 1002: Milieubelastend industriegebied 1200: Ontginningsgebied 1630: Gebied voor vestiging van kerninstallaties

Bijlage 6: Finale regressie zonder ruimtelijke autocorrelatie

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION

Data set : POLYGONEN_definitief
 Dependent Variable : LN_GEINFPR Number of Observations: 372
 Mean dependent var : 0,817307 Number of Variables : 26
 S.D. dependent var : 0,499512 Degrees of Freedom : 346

R-squared : 0,192598 F-statistic : 3,3014
 Adjusted R-squared : 0,134260 Prob(F-statistic) : 4,10487e-007
 Sum squared residual: 74,9418 Log likelihood : -229,839
 Sigma-square : 0,216595 Akaike info criterion : 511,679
 S.E. of regression : 0,465397 Schwarz criterion : 613,57
 Sigma-square ML : 0,201456
 S.E of regression ML: 0,448839

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	0,9825989	0,1688101	5,820735	0,0000000
GEM_CD	-0,00365113	0,03932421	-0,09284688	0,9260782
AFST_FABR	-1,97538e-005	1,082646e-005	-1,824586	0,0689260
OPPERVLAKT	-1,041839e-006	2,704248e-007	-3,852603	0,0001393
BEVDR_1000	0,0002748862	8,392598e-005	3,27534	0,0011621
GRMOB_5000	-0,006429815	0,006444035	-0,9977933	0,3190760
BEST_TYPE1	0,04202906	0,06378643	0,6589028	0,5103994
BEST_TYPE2	-0,1210293	0,1506389	-0,8034402	0,4222734
BEST_TYPE3	-0,04360888	0,1100399	-0,3963008	0,6921267
BEST_TYPE4	-0,0176646	0,1239336	-0,1425329	0,8867437
VOCHT_ZAND	0,09419393	0,07756886	1,214327	0,2254510
VOCH_Z_ANT	-0,04426144	0,08606207	-0,5142968	0,6073675
VOCH_ZLEEM	0,2988412	0,4775909	0,6257264	0,5319030
NAT_ZAND	-0,1010417	0,0897959	-1,125238	0,2612685
NAT_Z_ANTR	0,1649952	0,1479131	1,115487	0,2654172
NAT_ZLEEM	-0,01299658	0,2062453	-0,06301516	0,9497314
VEEN	-0,3888476	0,1602888	-2,42592	0,0157804
LANDDUIN	-0,2181653	0,261273	-0,8350087	0,4042926
ANTROPOGEE	0,3658113	0,1701237	2,150267	0,0322266
JAAR04	-0,1755643	0,1224752	-1,433467	0,1526283
JAAR05	-0,2108141	0,102309	-2,060563	0,0400919
JAAR06	-0,01801508	0,1001112	-0,1799507	0,8572983
JAAR07	-0,07705552	0,1137018	-0,6776982	0,4984189
JAAR08	-0,1018588	0,1051693	-0,9685222	0,3334626
JAAR09	-0,2060746	0,1002201	-2,056221	0,0405109
JAAR10	0,05608548	0,09857162	0,568982	0,5697401

REGRESSION DIAGNOSTICS

MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 19,585726

TEST ON NORMALITY OF ERRORS

TEST	DF	VALUE	PROB
Jarque-Bera	2	4,462942	0,1073704

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY

RANDOM COEFFICIENTS

TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	25	38,67408	0,0397045
Koenker-Bassett test	25	31,11894	0,1851105

SPECIFICATION ROBUST TEST

TEST	DF	VALUE	PROB
White	350	372	0,2005149

Bijlage 7: Regressie voor verkopen uit de hand (zonder ruimtelijke autocorrelatie)

```

Regression
SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION
Data set      : POLYGONEN
Dependent Variable : LN_GEINFPR  Number of Observations: 313
Mean dependent var : 0,792574   Number of Variables : 26
S.D. dependent var : 0,498422   Degrees of Freedom : 287 |

```

```

R-squared      : 0,197788   F-statistic      : 2,83043
Adjusted R-squared : 0,127909 Prob(F-statistic) : 1,63026e-005
Sum squared residual: 62,3775 Log likelihood      : -191,693
Sigma-square     : 0,217343 Akaike info criterion : 435,387
S.E. of regression : 0,466201 Schwarz criterion   : 532,788
Sigma-square ML   : 0,199289
S.E of regression ML: 0,446418

```

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	0,928223	0,1860568	4,988924	0,0000011
GEM_CD	0,006014612	0,04151181	0,1448892	0,8849045
AFST_FABR	-1,893288e-005	1,183181e-005	-1,600167	0,1106621
OPPERVLAKT	-1,020235e-006	2,736254e-007	-3,728581	0,0002320
BEVDR_1000	0,0002193509	9,130813e-005	2,402315	0,0169270
GRMOB_5000	-0,008914769	0,007399012	-1,204859	0,2292512
BEST_TYPE1	0,033333373	0,06941558	0,4802054	0,6314504
BEST_TYPE2	-0,1475395	0,1584886	-0,9309152	0,3526784
BEST_TYPE3	-0,02329422	0,1210936	-0,1923655	0,8475885
BEST_TYPE4	-0,04034778	0,1346771	-0,2995891	0,7647098
VOCHT_ZAND	0,1298597	0,08413078	1,543546	0,1237999
VOCH_Z_ANT	-0,01740053	0,09404072	-0,1850319	0,8533401
VOCH_ZLEEM	0,3568362	0,4805556	0,7425493	0,4583640
NAT_ZAND	-0,06326712	0,09935182	-0,6367989	0,5247608
NAT_Z_ANTR	0,2122326	0,1643747	1,291151	0,1976893
NAT_ZLEEM	0,05467945	0,2092362	0,2613287	0,7940328
VEEN	-0,3683067	0,1640461	-2,245141	0,0255204
LANDDUIN	-0,3339227	0,2995339	-1,114808	0,2658660
ANTROPOGEE	0,4426761	0,1737091	2,548376	0,0113436
JAAR04	-0,1453691	0,1333976	-1,089743	0,2767412
JAAR05	-0,1845783	0,1142776	-1,615175	0,1073713
JAAR06	0,05811193	0,113751	0,5108697	0,6098322
JAAR07	-0,06501478	0,1244104	-0,5225831	0,6016686
JAAR08	-0,02584947	0,1148341	-0,2251027	0,8220470
JAAR09	-0,1658378	0,1113611	-1,489189	0,1375349
JAAR10	0,0809281	0,1090479	0,7421335	0,4586159

```

REGRESSION DIAGNOSTICS
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 19,707805
TEST ON NORMALITY OF ERRORS
TEST      DF      VALUE      PROB
Jarque-Bera      2      1,374123      0,5030521
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST      DF      VALUE      PROB
Breusch-Pagan test      25      43,83835      0,0113056
Koenker-Bassett test      25      39,50424      0,0327695
SPECIFICATION ROBUST TEST
TEST      DF      VALUE      PROB
White      350      313      0,9230080
DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
FOR WEIGHT MATRIX : GEWICHT_QUEEN2CUMULATIEF.gal
(row-standardized weights)
TEST      MI/DF      VALUE      PROB
Moran's I (error)      0,023504      2,1633646      0,0305130
Lagrange Multiplier (lag)      1      2,1143923      0,1459200
Robust LM (lag)      1      0,6624385      0,4157004
Lagrange Multiplier (error)      1      1,5460085      0,2137257
Robust LM (error)      1      0,0940548      0,7590843
Lagrange Multiplier (SARMA)      2      2,2084470      0,3314682

```

Bijlage 8: Regressie voor openbare verkopen (zonder ruimtelijke autocorrelatie)

Regression

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION

Data set : POLYGONEN1
 Dependent Variable : LN_GEINFPR Number of Observations: 59
 Mean dependent var : 0,947988 Number of Variables : 22
 S.D. dependent var : 0,485068 Degrees of Freedom : 37

R-squared : 0,416854 F-statistic : 1,25947
 Adjusted R-squared : 0,085879 Prob(F-statistic) : 0,263314
 Sum squared residual : 8,09534 Log likelihood : -25,123
 Sigma-square : 0,218793 Akaike info criterion : 94,246
 S.E. of regression : 0,467753 Schwarz criterion : 139,952
 Sigma-square ML : 0,137209
 S.E of regression ML : 0,370417

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	1,27528	0,5555015	2,295727	0,0274571
GEM_CD	-0,08781818	0,1866793	-0,4704228	0,6408147
AFST_FABR	4,199126e-006	4,082744e-005	0,1028506	0,9186388
OPPERVLAKT	-9,605923e-006	1,103e-005	-0,8708904	0,3894298
BEVDOR_1000	0,00033448	0,0002707215	1,235513	0,2244272
GRMOB_5000	0,008204767	0,02353188	0,3486659	0,7293165
BEST_TYPE1	0,04949751	0,2341568	0,2113862	0,8337462
BEST_TYPE2	0,8896361	0,7322461	1,214941	0,2320848
BEST_TYPE3	-0,2505585	0,3495976	-0,7167053	0,4780557
BEST_TYPE4	0,3372199	0,4478991	0,7528924	0,4562784
VOCHT_ZAND	-0,1830711	0,2491864	-0,7346753	0,4671685
VOCH_Z_ANT	-0,1522638	0,2811395	-0,541595	0,5913438
NAT_ZAND	-0,4381416	0,2949684	-1,485385	0,1459133
NAT_Z_ANTR	-0,3381154	0,4252695	-0,7950615	0,4316487
LANDDUIN	-0,151409	0,8144329	-0,1859072	0,8535325
JAAR04	-0,2688315	0,3692522	-0,7280432	0,4711699
JAAR05	-0,08145178	0,291446	-0,2794747	0,7814360
JAAR06	-0,3033356	0,2473516	-1,226334	0,2278204
JAAR07	-0,5149748	0,4108927	-1,253307	0,2179563
JAAR08	-0,6780507	0,3623906	-1,871049	0,0692625
JAAR09	-0,430891	0,2920382	-1,475461	0,1485484
JAAR10	-0,07052194	0,2962223	-0,238071	0,8131381

REGRESSION DIAGNOSTICS

MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 28,592008

TEST ON NORMALITY OF ERRORS

TEST	DF	VALUE	PROB
Jarque-Bera	2	10,53234	0,0051634

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY

RANDOM COEFFICIENTS

TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	21	21,14414	0,4501722
Koenker-Bassett test	21	12,71668	0,9182231

SPECIFICATION ROBUST TEST

TEST	DF	VALUE	PROB
White	252	N/A	N/A

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE

FOR WEIGHT MATRIX : GEWICHT_QUEEN2CUMULATIEF.gal

(row-standardized weights)

TEST	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I (error)	-0,004308	1,9264287	0,0540507
Lagrange Multiplier (lag)	1	0,0821558	0,7743969
Robust LM (lag)	1	1,8324050	0,1758438
Lagrange Multiplier (error)	1	0,0077300	0,9299401
Robust LM (error)	1	1,7579792	0,1848768
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	1,8401350	0,3984921

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

De invloed van cadmium als verontreinigende stof en andere factoren op de waarde van landbouwgrond in de Belgische Kempen

Richting: **master in de toegepaste economische wetenschappen: handelsingenieur-technologie-, innovatie- en milieumanagement**

Jaar: **2012**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Hoogmartens, Rob

Datum: **28/05/2012**