

***Ex-post* evaluatie van veertig jaar ruimtelijk ordeningsbeleid in
Nederland naar gevolgen voor potentiële overstromingsschade**

Bachelor scriptie Aarde & Economie
Door Teun Zoer, 2579452
Begeleider: dr. Eric Koomen
Vrije Universiteit te Amsterdam, Juli 2018

Inhoudsopgave

Inleiding	3
1. Data en methoden	5
1.1 Data	5
1.2 Statistische analyse	6
1.3 Ruimtescanner	7
1.4 Damage Scanner.....	10
2. Resultaten.....	11
2.1 Statistische analyse	11
2.2 Ruimtescanner	12
2.3 Damage Scanner.....	14
3. Discussie en conclusie	15
3.1 Discussie	15
3.2 Conclusie	17
Bronnenlijst	18

Inleiding

In de periode van 1950-2005 is de potentiële overstromingsschade van Nederland toegenomen van 68 miljard naar 334 miljard euro (De Moel et al., 2010). De toename van deze potentiële schade kan met name worden toegeschreven aan maatschappelijke veranderingen zoals urbanisatie, socio-economische groei en bevolkingsgroei (Bouwer et al. 2007). Ruimtelijk ordening in Nederland is in de periode van 1960-2005 gebaseerd op het principe van compacte urbanisatie in combinatie met aangewezen groeikernen en -steden, met als doel om het beschikbare land zo efficiënt mogelijk te gebruiken door versnippering van stedelijk gebied tegen te gaan, het Groen Hart te behouden en autoverkeer te reduceren (Geurs en Van Wee, 2006). Waterveiligheid en maatregelen ter beperking van overstromingen zijn daarentegen onderwerpen die in deze periode zelden mee zijn genomen in ruimtelijke ordening in Nederland (Neuvel en Van Den Brink, 2009). Vanaf 2007 is hier verandering in gekomen: in het plan 'Waterveiligheid in de 21e eeuw' heeft het toenmalige Ministerie van Verkeer en Waterstaat duurzame ruimtelijke planning als doel opgenomen. Dit houdt in dat er bij de keuze voor grootschalige ontwikkelingslocaties het aspect overstromingsrisico wordt meegewogen (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007).

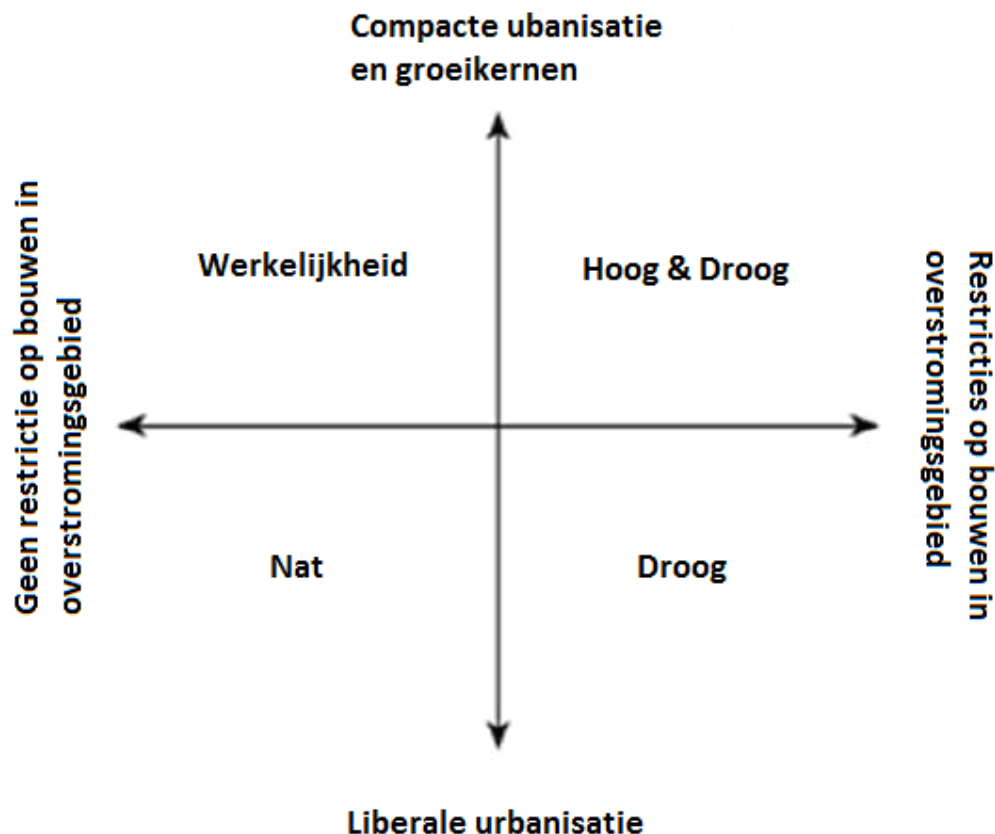
In deze scriptie zal worden gekeken wat in de periode van 1960-2000 de impact is van ruimtelijkeordeningsbeleid in Nederland op de potentiële overstromingsschade van dit gebied. Om deze vraag te beantwoorden zal met behulp van de Ruimtescanner het landgebruik van vier verschillende beleidsscenario's worden gesimuleerd. Een uitgebreide beschrijving van dit model is geschreven door Eric Koomen en Judith Borsboom-van Beurden (2011). Met behulp van de 'Damage Scanner' zal worden berekend wat de potentiële overstromingsschade is van de verschillende scenario's om deze te vergelijken met de werkelijke situatie. Een omschrijving van de 'Damage Scanner' is te vinden in een studie van Klijn et al. (2009). Het doel van deze vergelijking is een evaluatie van ruimtelijkeordeningsbeleid van de afgelopen 40 jaar op het gebied van potentiële overstromingsschade.

De verschillende te onderzoeken scenario's zijn weer gegeven in figuur 1. Waar op de ene as compacte urbanisatie met groeikernen en -steden en liberale urbanisatie tegen over elkaar staan. Hier wordt verondersteld dat in het geval van compacte urbanisatie Nederland in de periode van 1960-2000 verstedelijkt onder invloed van het daadwerkelijk gevoerde ruimtelijkeordeningsbeleid. In het geval van liberale urbanisatie is er geen sprake van ruimtelijk ordeningsbeleid om stedelijke versnippering tegen te gaan in de periode van 1960-2000. Op de andere as staat het wel of niet toepassen van restricties op bouwen in overstromingsgebied tegen over elkaar. Verondersteld wordt dat wanneer er geen restricties zijn op bouwen in overstromingsgebied de potentiële overstromingsschade niet wordt meegenomen in het bepalen van de locatie van nieuwe woongebieden, zoals tot 2007 in Nederland het geval was. Wanneer er wel restricties zijn op bouwen in overstromingsgebied wordt verondersteld dat de potentiële overstromingsschade invloed heeft op het bepalen van de locatie van nieuwe woongebieden: locaties die zich bevinden in een gebied met inundatiediepte zullen een lagere geschiktheid krijgen voor nieuwe bebouwing. Op deze manier ontstaan er vier verschillende scenario's waarvan er één gelijk gesteld kan worden aan de werkelijke ontwikkeling van Nederland tussen 1960-2000: het

scenario met compacte urbanisatie en geen restricties op bouwen in overstromingsgebied. Dit scenario zal worden gebruikt om te bepalen hoe accuraat de berekeningen van de 'Damage Scanner' zijn.

In het eerste hoofdstuk zullen de te gebruiken methoden worden beschreven. Hier zal worden besproken welke gegevens gebruikt worden in het onderzoek en zal een onderbouwing worden gegeven waarom deze gegevens zijn gebruikt. Vervolgens zal beschreven worden hoe in dit onderzoek gebruik gemaakt wordt van een regressieanalyse. Deze analyse wordt uitgevoerd om verschillende scenario's in de Ruimtescanner te kalibreren. Vervolgens zal uiteengezet worden hoe dit onderzoek gebruik maakt van de Ruimtescanner en de 'Damage Scanner'. In hoofdstuk twee zullen de resultaten van het onderzoek besproken worden. Hier zal gekeken worden wat het effect is van verschillende soorten van ruimtelijk beleid op het landgebruik en wat voor invloed dit heeft op potentiële overstromingsschade. Per beleidsscenario zal vergeleken worden hoe de bebouwing verschilt van de werkelijke situatie in 2000, belangrijke factoren waarnaar gekeken wordt zijn de inundatiediepte, de dichtheid van de bebouwing die in de periode van 1960-2000 nieuw is gebouwd en of per Provincie aan de vraag naar nieuwe bebouwing kan worden voldaan. In het derde en laatste hoofdstuk zal deze scriptie af worden gesloten met een conclusie en een discussie.

Afsluitend aan deze inleiding wil de auteur graag gebruik maken van de gelegenheid om Eric Koomen en Jip Claassens te bedanken voor al hun hulp bij het schrijven van deze scriptie.



Figuur 1 Overzicht scenario's

1. Data en methoden

1.1 Data

In tabel 1 is een overzicht te vinden van de kaarten/datasets die gebruikt zijn in het onderzoek. De HGN-kaarten zijn voor gebruik in de Ruimtescanner aangepast en ingedeeld in de volgende klassen: bebouwd, landbouw, natuur, water, buitenland en infrastructuur. De klasse bebouwd bevat wegen die niet door het Rijk of de Provincies worden beheerd. Dit is een gevolg van het feit dat de HGN kaart bebouwing en wegen als één klasse weergeeft. Voor dit onderzoek is het wenselijk dat bebouwing en wegen aparte klassen zijn. Om deze reden zijn met behulp van de datasets Rijks en Provinciale wegen de Rijks en Provinciale wegen uit de klasse bebouwd gehaald. Ander wegen bevinden zich nog steeds in de klasse bebouwd. De kaarten van de verschillende klassen landgebruik zijn een resultaat uit de Ruimtescanner en geven de fractie van de bepaalde klasse in een cel van 100 bij 100 meter weer. De 'distance decay' kaarten zijn een resultaat uit de Ruimtescanner en geven elke cel een waarde voor de fractie bebouwd die in een straal van 1, 5, 25 of 50 km om de cel zit. De afstandskaarten geven elke cel een waarde voor de kortste euclidische afstand tot de toegang van een snelweg of een treinstation, de gemiddelde afstand tot de Rotterdamse haven en Schiphol en de afstand tot 10.000 inwoners of banen. De afstandskaarten bevatten gegevens van de jaren 2009 – 2012, een periode die buiten de periode valt die in dit onderzoek bestudeerd wordt. De kaarten van de groeikernen, –steden en het Groene hart bevatten informatie waar deze gebieden zich bevinden.

Tabel 1 Overzicht data.

Kaart/dataset	Resolutie	Bron
HGN 1960	25 meter	(Kramer, 2006)
HGN 2000	50 meter	(Kramer, 2006)
Landgebruik per klasse	100 meter	Resultaat Ruimtescanner
Maximale inundatiediepte	100 meter	(RWS-DWW, 2005; Wouters en Holterman, 2007)
Groeikernen en –steden	100 meter	(Dekkers, 2016)
Groene hart 1958	100 meter	(Dekkers, 2016)
'Distance decay' bebouwd 1960 kaarten	100 meter	Resultaat Ruimtescanner
Afstandskaarten 2009 - 2012	500 meter	Onbekend
Rijks en provinciale wegen 1960	Onbekend	(Rijkswaterstaat, 2013)
Rijks en provinciale wegen 2000	Onbekend	(Rijkswaterstaat, onbekend)

In tabel 2 is een overzicht te vinden van de onafhankelijke variabelen die mee worden genomen in de regressieanalyse. De variabelen landbouw 1960 en natuur 1960 zijn opgenomen in de analyse omdat dit in de Ruimtescanner klassen zijn die mogelijk plaats kunnen maken voor bebouwing. De klassen bebouwd, water, buitenland en infrastructuur zijn niet meegenomen omdat deze exogeen worden opgelegd in de Ruimtescanner en dus niet bebouwd kunnen worden. Deze aanname, dat bebouwing alleen plaatsvindt op landbouw of natuur, is gedaan om de simulaties met de Ruimtescanner simpel te houden. De 'distance decay' en afstand variabelen zijn opgenomen in de analyse omdat zij het proces van urbanisatie beschrijven zonder duidelijk een gevolg te zijn van ruimtelijke ordening. Deze variabelen zijn in eerder onderzoek ook gebruikt om hetzelfde proces te verklaren

(Koomen et al., 2015; Verburg et al., 2004). De variabelen groeikernen, groeisteden en Groene Hart zijn opgenomen in de analyse omdat deze variabelen een uiting zijn van het ruimtelijkeorderingsbeleid tussen 1960 – 2000 (VROM, 1989). De variabele maximale inundatiediepte is opgenomen in de analyse om te kijken hoeveel invloed deze variabele in de periode van 1960 - 2000 heeft gehad op het proces van urbanisatie.

Tabel 2 Overzicht onafhankelijke variabelen.

Variabelen	Eenheid	Spreiding	Gemiddelde
Landbouw 1960	Scalair	0 – 1	0,82
Natuur 1960	Scalair	0 – 1	0,13
'Distance decay' bebouwd 1km	Scalair	0 – 0,94	0,04
'Distance decay' bebouwd 5km	Scalair	0 – 0,95	0,05
'Distance decay' bebouwd 25km	Scalair	0 – 0,98	0,08
'Distance decay' bebouwd 50km	Scalair	0 – 0,98	0,14
Afstand 10.000 banen	Km	2,8 – 48,0	16,7
Afstand 10.000 inwoners	Km	1,4 – 40,3	11,3
Afstand snelweg oprit	Km	0 – 37,9	6,1
Afstand treinstation	Km	0 – 34,1	7,3
Afstand Rotterdamse haven en Schiphol	Km	24,4 – 246,5	123,6
Groeikernen	Nominaal	(0/1)	0,03
Groeisteden	Nominaal	(0/1)	0,008
Groene Hart	Nominaal	(0/1)	0,07
Maximale inundatiediepte	Meter	0 - 30	0,52

1.2 Statistische analyse

Om de gewichten voor de geschiktheidskaart voor de klasse bebouwd in scenario's Hoog & Droog, Droog en Nat te berekenen is gebruik gemaakt van een binominale regressieanalyse. Op deze manier wordt onderzocht wat de kans is dat een cel bebouwd wordt gegeven alle andere locaties en afhankelijk van de geschiktheden van deze locatie (Verburg et al., 2004). Dit kan wiskundig worden beschreven met de volgende vergelijking:

$$P_c(y = 1) = \frac{\exp(\beta X_c)}{1 + \exp(\beta X_c)}$$

$P_c(y = 1)$ is de kans dat cel c verandert in een bebouwde cel,

\mathbf{B} is een vector van de geschatte coëfficiënten van de onafhankelijke variabelen \mathbf{X}_c en

\mathbf{X}_c is een vector van de onafhankelijke variabelen voor cel c .

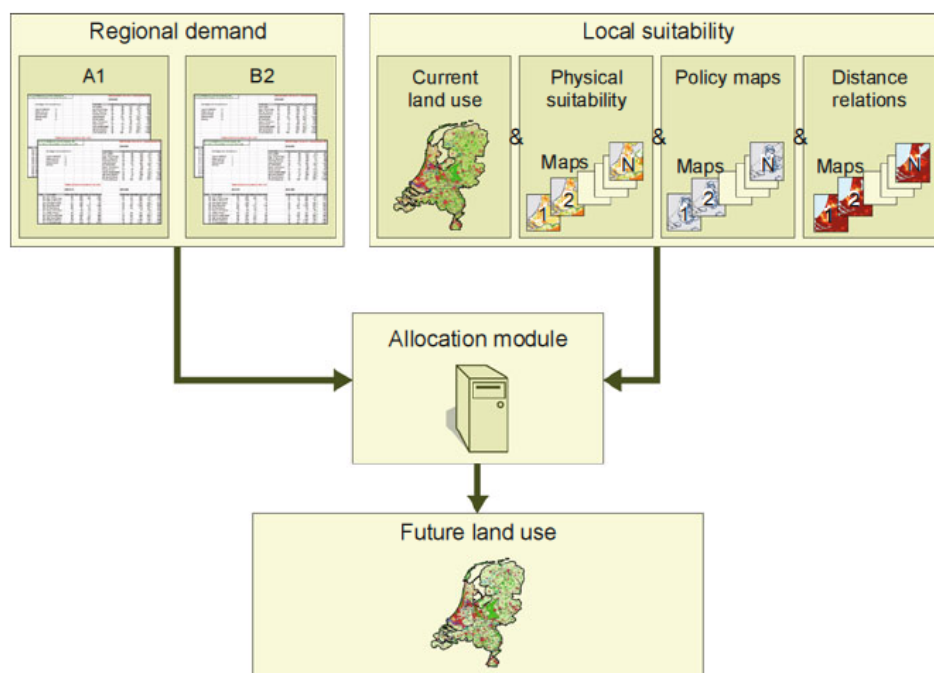
De afhankelijke variabelen is gelijk aan één als een cel in de periode van 1960 – 2000 bebouwd is en nul als dat niet het geval is.

Het voordeel van deze analyse is dat de vergelijking waar gebruik van wordt gemaakt gelijk is aan het algoritme dat de Ruimtescanner gebruikt om verschillende landklassen in te delen en de β vector overgenomen kan worden als gewicht voor de geschiktheidskaarten voor de klasse bebouwd in de scenario's Hoog & Droog, Droog en Nat (Rietveld et al, 2001).

De daadwerkelijke regressieanalyse zal in drie stappen gedaan worden. In de eerste stap zullen alle variabelen uit tabel 2 meegenomen worden in de analyse. Voor de tweede stap zullen niet significante variabelen verwijderd worden. Verder zullen variabelen die positief zijn maar negatief verwacht waren, of andersom, nader onderzocht worden door slechts een deel van de variabelen mee te nemen in de analyse. Dit omdat sommige variabelen een sterke overlap kunnen hebben in hun verklarende factor. Mochten de waarden van variabelen sterk omslaan van negatief naar positief, of andersom, dan zullen ze verwijderd worden uit de analyse. Voor de derde stap zullen de uitkomsten van de analyse overgenomen worden in de Ruimtescanner. Hier zal per variabele gekeken worden wat het effect is op de geschiktheidskaart. Mocht een variabelen een onverklaarbaar effect hebben op de geschiktheidskaart dan zal deze worden verwijderd uit de analyse. Tot slot zal met de overgebleven variabelen een uiteindelijke regressieanalyse uitgevoerd worden.

De resultaten van de uiteindelijk regressieanalyse worden gewaardeerd met behulp van een ROC-curve (Pontius en Schneider, 2001). Met behulp van deze statistische waarde wordt gemeten in hoeverre de cellen met een hogere geschiktheid om bebouwd te worden geconcentreerd zijn op locaties die daadwerkelijk bebouwd zijn in de periode van 1960 – 2000 (Hoymann, 2010). Het oppervlak onder de ROC-curve geeft een betrouwbaarheidsinterval van 0,5 (compleet willekeurig) tot 1,0 (perfecte fit).

1.3 Ruimtescanner



Figuur 2 Lay-out Ruimtescanner (Koomen en Borsboom-van Beurden, 2011)

In figuur 2 is de lay-out van de Ruimtescanner te zien, die opgebouwd is uit drie componenten. De eerste component 'regional demand' bevat de regionale vraag per landgebruik naar land. Deze vraag wordt in dit onderzoek afgeleid uit het daadwerkelijke verschil in bebouwing, natuur en landbouw tussen 1960 – 2000 en is gegeven per Provincie. De tweede component 'local suitability' beschrijft de geschiktheid van elke cel op basis van

huidig landgebruik, fysieke geschiktheid, ruimtelijk ordeningsbeleid en afstandsrelaties. Variabelen die in dit onderzoek mee worden genomen zijn te vinden in tabel 2. De derde component bestaat de 'allocation module' die op basis van een wiskundige vergelijking die bestaat uit drie componenten voor elke cel c berekend wat de verwachte hoeveelheid land is die gebruikt wordt door landklasse j. De eerste twee componenten leggen beperkende condities op aan het model door te beschrijven wat de totale vraag is van elke landklasse j en wat het totaal beschikbare land is in cel c. De derde component beschrijft de waarschijnlijkheid voor een bepaalde landklasse j op een bepaalde locatie, gebaseerd op het nut van die locatie voor die specifieke landklasse j, in relatie tot het totale nut van alle andere landklassen. Het nut van een locatie wordt beschreven door de geschiktheid van die locatie voor een bepaalde landklasse. De wiskundige vergelijking ziet er als volgt uit:

$$M_{cj} = a_j * b_c * e^{S_{cj}}$$

- M_{cj} is de verwachte hoeveelheid land in cel c die gebruikt wordt voor landklasse j,
- a_j is de beperkende conditie die ervoor zorgt dat de totale hoeveelheid toegewezen land voor landklasse j gelijk is aan de totale vraag die gedefinieerd is bij de 'regional demand' component,
- b_c is de beperkende conditie die ervoor zorgt dat de totale hoeveelheid toegewezen land in cel c niet de hoeveelheid land die beschikbaar is in die cel overschrijdt en
- S_{cj} is de geschiktheid van cel c voor landklasse j gebaseerd op zijn fysieke geschiktheid, ruimtelijk ordeningsbeleid en afstandsrelaties (Koomen en Borsboom-van Beurden, 2011).

In dit onderzoek zullen de landklassen natuur, landbouw en de bebouwing tussen 1960 – 2000 gesimuleerd worden voor scenario's Hoog & Droog, Droog en Nat met behulp van de geschiktheidswaarden die het resultaat zullen zijn van de statistische regressieanalyse. De klassen bebouwd 1960, water, buitenland en infrastructuur worden exogeen opgelegd in de Ruimtescanner. Dit wordt gedaan om het model simpel te houden, op deze manier hoeft alleen een uitgebreide geschiktheidsbeschrijving voor de klasse bebouwd tussen 1960 – 2000 gegeven te worden en volstaat voor de klassen natuur en landbouw slechts een waarde die de geschiktheid voor haar eigen klasse beschrijft. Deze versimpeling berust op de aanname dat de klasse natuur redelijk stabiel blijft in de periode van 1960 – 2000 en alleen daar zal veranderen in bebouwing als de geschiktheid voor bebouwing zeer hoog is en dat met name landbouw plaats zal maken voor bebouwing. Op deze manier hoeft alleen het gedrag van de nieuwe bebouwing statistisch geanalyseerd te worden en kan het gedrag van de klassen natuur en landbouw beschreven worden door een geschiktheidswaarde die cellen met de klasse natuur zeer geschikt maakt voor natuur en cellen met de klasse landbouw een lage geschiktheid geeft voor landbouw.

Om in scenario Werkelijkheid de werkelijke ontwikkeling tussen 1960 - 2000 zo goed mogelijk te simuleren is er voor gekozen om voor de drie te simuleren landklassen alleen een geschiktheid te definiëren die verwijst naar het daadwerkelijke landgebruik van de drie klassen in het jaar 2000. De waarden zijn gekozen door de gesimuleerde kaarten per landklasse te vergelijken met de daadwerkelijke kaarten per landklasse. Deze waarden zijn dikgedrukt in tabel 3, waarden met een streepje zijn niet van toepassing.

In tabel 3 zijn de uiteindelijke geschiktheidswaarden per klasse voor elk van de vier scenario's weergegeven. De dikgedrukte waarden berusten op een aanname uit een scenario dan wel uit vanuit de versimpeling van het model, de ander variabelen zijn een resultaat van de statistische analyse. De variabelen groeikernen en -steden zijn voor de scenario's Droog en Nat op 0,0 gezet omdat verondersteld wordt dat in deze scenario's geen ruimtelijkeordeningsbeleid van deze aard plaats vindt. De variabele maximale inundatiediepte is voor de scenario's Hoog & Droog en Droog op -30,0 gezet omdat verondersteld wordt dat in deze scenario's een restrictief beleid is op bouwen in overstromingsgebied. Deze waarde is bepaald door de bebouwd 2000 kaart in het scenario Hoog & Droog en Droog te vergelijken met de daadwerkelijke bebouwd 2000 kaart. De waarde is zo laag gezet de bebouwing uit 1960 nog blijft in overstromingsgebied maar de geschiktheid voor nieuwe bebouwing daar laag is. De variabele natuur 1960 is in de scenario's Hoog & Droog, Droog en Nat op 50,0 gezet om in het model de aanname op te nemen dat natuur redelijk stabiel blijft in de periode van 1960 – 2000 en alleen daar zal veranderen in bebouwing als de geschiktheid voor bebouwing zeer hoog is. Deze waarde is bepaald door de natuur 2000 kaart in het scenario's Hoog & Droog, Droog en Nat te vergelijken met de daadwerkelijke natuur 2000 kaart en een waarde te zoeken die zo min mogelijk verandering veroorzaakt. De variabele landbouw 1960 is in de scenario's Hoog & Droog, Droog en Nat op – 5,0 gezet om de aanname dat met name landbouw plaats zal maken voor bebouwing te realiseren in het model en ervoor te zorgen dat er voldoende ruimte is voor de vraag naar bebouwing.

Na het uitvoeren van de simulaties zal per scenario met behulp van de Ruimtescanner berekend worden of in elk scenario per Provincie voldaan kan worden aan de vraag naar bebouwing.

Tabel 3 Geschiktheidswaarden per klasse voor elk scenario

Variabelen	Werkelijkheid	Hoog & Droog	Droog	Nat
Klasse bebouwd in 1960 – 2000				
Natuur 1960	-			
Bebouwd 1960	-	+ 40,0	+ 40,0	+ 40,0
Bebouwd 2000	+ 35,0	-	-	-
Groeikernen	-		0,0	0,0
Groesteden	-		0,0	0,0
'Distance decay' bebouwd 1km	-			
'Distance decay' bebouwd 5km	-			
'Distance decay' bebouwd 25km	-			
Afstand 10.000 inwoners	-			
Afstand snelweg oprit	-			
Afstand treinstation	-			
Afstand Rotterdamse haven en Schiphol	-			
Maximale inundatiediepte	-	- 30,0	- 30,0	
Klasse natuur				
Natuur 1960	-	+ 50,0	+ 50,0	+ 50,0
Natuur 2000	+ 55,0	-	-	-
Klasse landbouw				
Landbouw 1960	-	- 5,0	- 5,0	- 5,0
Landbouw 2000	10,0	-	-	-

1.4 Damage Scanner

Met behulp van de damage scanner zal in dit onderzoek berekend worden wat de potentiële overstromingsschade per scenario is in het jaar 2000. Een uitgebreide beschrijving van de damage scanner is te vinden in een onderzoek van Klijn et al. (2007). De damage scanner berekend de potentiële overstromingsschade door per landgebruiksklasse een vaste waarde voor de schade per hectare te vermenigvuldigen met een waarde tussen 0 en 1 afhankelijk van de inundatiediepte. De in dit onderzoek gebruikte Ruimtescanner bevatte al een damage scanner met de landgebruiksklassen woningen, industrie, recreatie, landbouw, natuur, bouwplaats, infrastructuur, water en buitenland. Omdat deze klassen niet overeenkomen met de klassen die zich in dit onderzoek in de Ruimtescanner bevinden is de damage scanner aangepast. De klasse woningen is aangepast naar de klasse bebouwd, de klassen industrie, recreatie en bouwplaats zijn verwijderd en de klassen landbouw, natuur, infrastructuur, water en buitenland hebben hun waardes behouden. Dit heeft als resultaat dat de waardes van de klassen industrie, recreatie en bouwplaats, die in dit onderzoek zich onder de klasse bebouwd bevinden, niet meegenomen worden in de klasse bebouwd. De damage scanner zal dus een minder exacte benadering geven van de potentiële overstromingsschade maar is nog wel bruikbaar voor een evaluatie van het ruimtelijkeorderingsbeleid van de verschillende scenario's.

2. Resultaten

2.1 Statistische analyse

In tabel 4 zijn de uitkomsten te vinden van de statistische analyse. De variabele 'landbouw 1960' is verwijderd uit de analyse omdat deze niet bruikbaar bleek in de simulatie. Wanneer de waarde over werd genomen in de Ruimtescanner kregen lokale wegen relatief gezien een hogere geschiktheid voor bebouwing, wat onwenselijk is. De variabele 'distance decay' bebouwd 50km' is verwijderd uit de analyse omdat de waarde afhankelijk van het feit of de afstandsvariabelen mee werden genomen in de regressieanalyse varieerde van positief naar negatief. Naar verwachting heeft deze variabele een sterke overlap met de afstandsvariabelen en is daarom verwijderd. De variabele 'afstand 10.000 banen' is verwijderd omdat deze niet significant bleek in een 95% zekerheidsinterval. De variabele 'Groene Hart' is verwijderd omdat deze een positieve relatie beschreef terwijl een negatieve verwacht was. Dit valt te verklaren door het feit dat in 1993 de grenzen van dit gebied zijn aangepast om ruimte te maken voor bebouwing. Ondanks deze verklaring is het effect van deze variabele ongewenst en om die reden verwijderd uit de analyse.

De afstandswaarden in tabel 4 beschrijven een effect en hebben een orde van grote die overeenkomt met een eerdere studie naar urbanisatie in Nederland (Koomen et al., 2015). De waarde van variabele 'natuur 1960' ligt in de lijn der verwachting gezien het feit dat de klasse natuur toeneemt in de periode van 1960 - 2000 en amper plaats maakt voor bebouwing. De 'distance decay' waarden beschrijven een effect, dat onderbouwt wordt door ondervindingen van Verburg et al. (2004), dat er een negatieve relatie bestaat tussen urbanisatie en de afstand tot bestaande steden. Met andere woorden, als de afstand tot de stad toeneemt neemt de kans op nieuwe bebouwing af. De variabelen groeikernen en -steden beschrijven een te verwachten positieve relatie omdat deze plaatsen ooit zijn aangewezen om nieuwe bebouwing te ontwikkelen. De relatie tussen de variabele maximale inundatiediepte en nieuwe bebouwing is, ondanks dat dit tot 2007 niet is meegenomen in ruimtelijke ordening, negatief. De ROC-waarde van 0,850 geeft aan dat er een goede fit is tussen de onafhankelijke variabelen en de afhankelijke variabele.

Tabel 4 Uitkomsten statistische analyse. Variabelen met een * zijn verwijderd uit de analyse.

Variabelen	Waarde
Landbouw 1960, 'Distance decay' bebouwd 50km, Afstand 10.000 banen en Groene Hart	*
Natuur 1960	-1,454
'Distance decay' bebouwd 1km	6,659
'Distance decay' bebouwd 5km	7,348
'Distance decay' bebouwd 25km	1,527
Afstand 10.000 inwoners	-0,012
Afstand snelweg oprit	-0,046
Afstand treinstation	-0,019
Afstand Rotterdamse haven en Schiphol	-0,005
Groeikernen	1,105
Groeisteden	0,601
Maximale inundatiediepte	-0,148

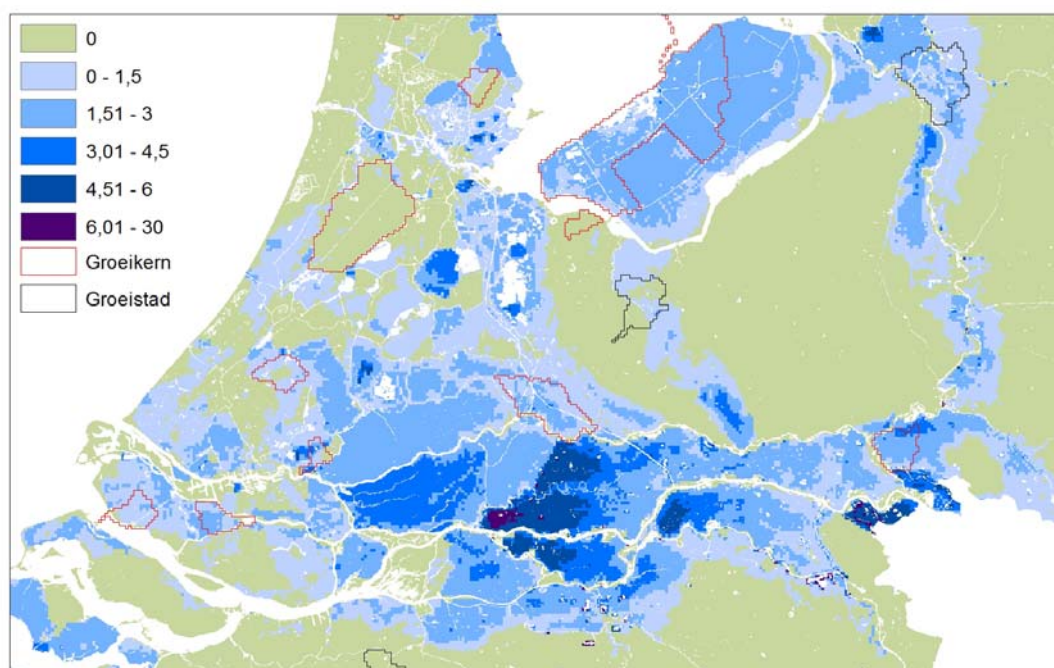
2.2 Ruimtescanner

In figuur 4 is de daadwerkelijke ontwikkeling van bebouwing tussen 1960 - 2000 en de uitkomsten van de vier scenario's te zien. Wat direct opvalt is dat het niet is gelukt om in het scenario Hoog & Droog compacte urbanisatie te simuleren maar dat de bebouwing zich homogeen verspreid over een gebied met dezelfde geschiktheid. In het scenario Werkelijkheid is het simuleren van deze compactheid wel gelukt en zijn slechts kleine verschillen ten opzichte van de daadwerkelijke bebouwing in het jaar 2000 zichtbaar. In de scenario's Nat en Droog is geen sprake van compacte urbanisatie.

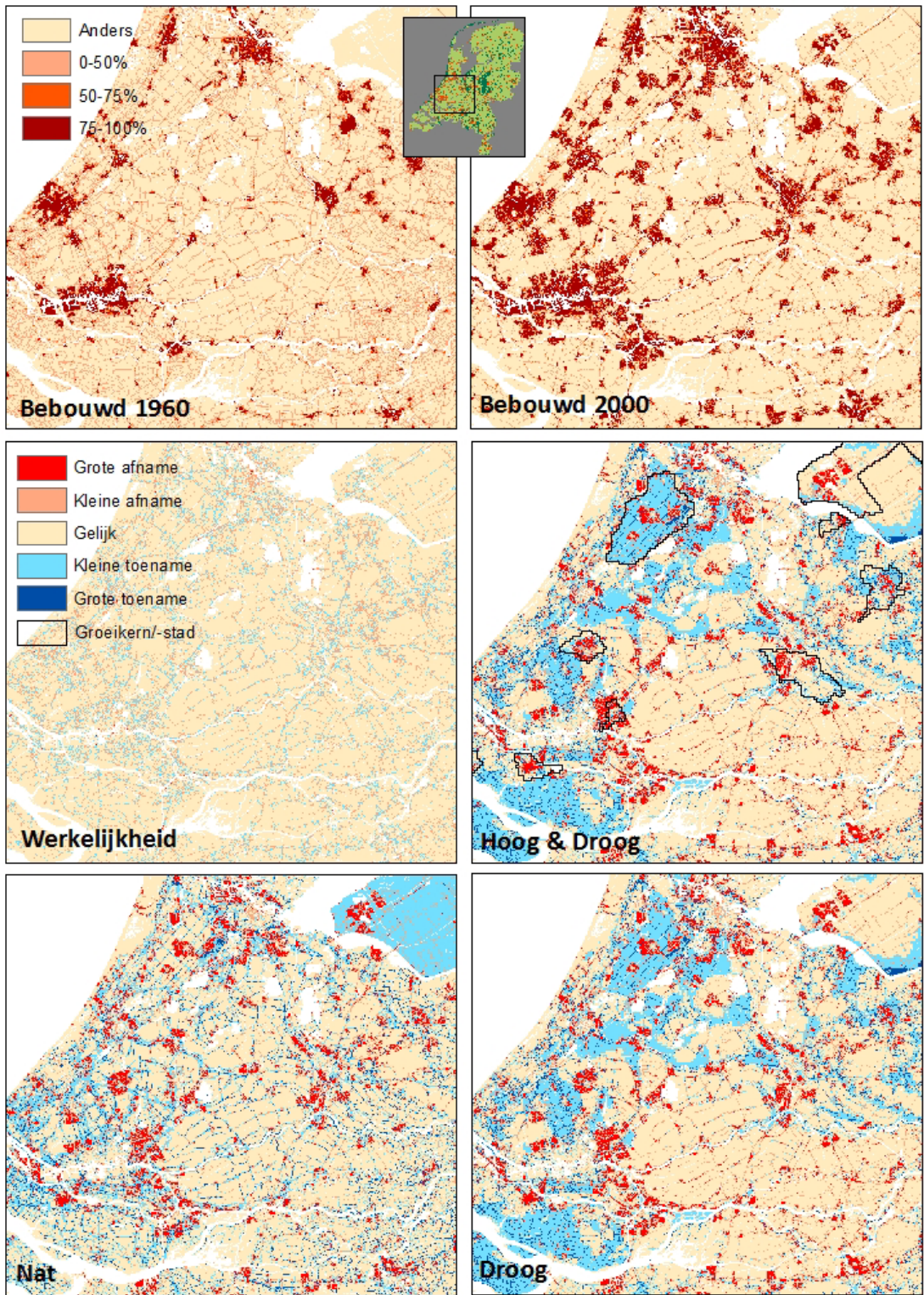
Het verschil tussen de scenario's Hoog & Droog en Droog, waar sprake is van restricties op bouwen in overstromingsgebied, en Werkelijkheid en Nat, waar deze restricties niet zijn, is duidelijk zichtbaar. Waar nieuwe bebouwing zich in de scenario's met restricties homogeen verspreid over gebieden die geen inundatiediepte hebben is in de scenario's zonder restricties een spreiding te zien waarop de variabele inundatiediepte geen invloed heeft. Een overzicht van de maximale inundatiediepte is te zien in figuur 3.

In figuur 3 is ook een verklaring te vinden voor het feit dat in scenario Hoog & Droog over het algemeen de nieuwe bebouwing zich niet in groeisteden en -kernen bevindt. In dit figuur is te zien dat veel groeisteden en -kernen zich bevinden op een locatie met een inundatiediepte. Het negatieve effect van de restrictie op bouwen in overstromingsgebied is in dit scenario groter dan het positieve effect van de groeisteden en -kernen.

Om te controleren of de verschillende beleidsmaatregelen in de verschillende scenario's het realiseren van de totale vraag naar nieuwe bebouwing niet in de weg staan is de totale realisatie met behulp van de Ruimtescanner berekend. In alle vier de scenario's werd tenminste 98% van de vraag naar bebouwing gerealiseerd.



Figuur 3 Maximale inundatiediepte Midden-Nederland in meters (RWS-DWW, 2005; Wouters en Holterman, 2007) met Groeikernen en -steden (Dekkers, 2016).



Figuur 4 Werkelijke ontwikkeling van 1960 - 2000 met percentage per cel bebouwd, bovenste afbeeldingen, en de vier scenario's met verschillen ten opzichte van Bebouwd 2000.

2.3 Damage Scanner

In tabel 5 is per scenario de potentiële overstromingsschade in percentages naar het scenario Werkelijkheid voor het jaar 2000 weergegeven. De weergave is in percentages vanwege beperkingen in de scanner die beschreven zijn in hoofdstuk 1.4. De absolute waarde die de scanner berekende voor het scenario Werkelijkheid is een bedrag van 444,48 miljard euro. In vergelijking met een studie van De Moel et al. (2010), waar voor het jaar 2005 een schadebedrag van 334 miljard wordt gegeven, is dit een overschatting van ongeveer 33%. Deze overschatting zal in werkelijkheid nog wat groter zijn vanwege het ontbreken van vijf jaren aan ontwikkeling. Omdat dit gegeven een absolute vergelijking tussen de scenario's en de daadwerkelijke overstromingsschade in het jaar 2000 niet mogelijk maakt is gekozen voor een weergave in percentages.

Wat opvalt in tabel 5 is dat de waarden van de scenario's met een restrictie op bouwen in overstromingsgebied en de scenario's zonder deze restrictie sterk op elkaar lijken. Dit zou voor de scenario's met restrictie verklaard kunnen worden door het feit dat het in scenario Hoog & Droog niet gelukt is een compacte urbanisatie te simuleren en deze daardoor sterk lijkt op scenario Droog. Tussen de scenario's Werkelijkheid en Nat, de scenario's zonder restrictie, zit ondanks een duidelijk verschil in compactheid weinig verschil in potentiële schade. Wat de oorzaak is van dit kleine verschil is moeilijk te zeggen. Enerzijds zou dit kunnen komen door een spreiding van bebouwing over een groot gebied die een hele lichte negatieve relatie heeft met inundatiediepte. Of, als de hele lichte negatieve relatie weinig invloed heeft, een spreiding die minder overlap heeft met overstromingsgebied dan de daadwerkelijke nieuwe bebouwing. Anderzijds zou het te maken kunnen hebben met het feit dat minder compacte bebouwing een lagere schadewaarde heeft per inundatiediepte. Het is lastig vast te stellen of en welke van deze hypothesen klopt.

Ondanks dat de invloed van compacte of geen compacte urbanisatie lastig is vast te stellen uit de resultaten, is de invloed van een restrictie op bouwen in overstromingsgebied zeer duidelijk: deze resulteert in een reductie van de potentiële overstromingsschade van ongeveer 42%.

Tabel 5 Potentiële overstromingsschade in percentage naar scenario Werkelijkheid voor het jaar 2000.

Scenario	Schade in %
Werkelijkheid	100
Hoog & Droog	57,94
Droog	57,90
Nat	96,08

3. Discussie en conclusie

3.1 Discussie

Dit onderzoek kent een paar beperkingen. Zo bestaat de klasse bebouwd in de Ruimtescanner uit bebouwing en wegen, is de bebouwing een samenvoeging van verschillende klassen die apart meegenomen zouden moeten worden in de 'Damage scanner', zou dit onderzoek beter uitgevoerd kunnen worden als de klasse bebouwd in de Ruimtescanner gescheiden is in de klassen bebouwd tot 1960 en bebouwd tussen 1960 - 2000, zijn er gegevens gebruikt die buiten de onderzochte periode vallen en hadden er gegevens toegevoegd kunnen worden om de simulatie meer accuraat te maken.

Zoals eerder besproken is de klasse bebouwd in de Ruimtescanner afgeleid uit de klasse bebouwd en wegen, zoals deze is opgenomen in de HGN kaart. Voor dit onderzoek zijn de wegen beheerd door het Rijk en de Provincie uit deze klasse gehaald, voor de lokaal beheerde wegen was dit niet mogelijk. Dit heeft twee gevolgen voor het onderzoek. Ten eerste zal de bebouwing van 1960 - 2000 zich bij deze lokale wegen gaan voegen. Dit komt doordat de geschiktheid voor de cellen die al bebouwd waren hoog ligt voor bebouwing en deze lokale wegen in het model beschreven worden als bebouwing. Dit is een ongewenst effect omdat het ervoor zorgt dat de nieuwe bebouwing zich niet verdeelt over de gebieden die het meest geschikt zijn volgens de statistische analyse. Dit effect heeft geen invloed op de reductie van potentiële overstromingsschade in de scenario's Hoog & Droog en Droog omdat ook de lokale wegen hier niet in het overstromingsgebied werden geplaatst. Daarmee is ook het tweede gevolg benoemd. Doordat de lokale wegen niet onder de exogene klasse infrastructuur vielen maar onder de endogene klasse bebouwd verdwijnen zij in de scenario's Hoog & Droog en Droog uit de overstromingsgebieden. Dit heeft als effect dat zij niet meegenomen zijn in de potentiële overstromingsschade en deze in de twee scenario's daardoor lager uitvalt dan zou moeten. Het verschil tussen deze twee gevolgen is goed te zien in figuur 4 waar bij scenario Nat een blauw wegenpatroon en bij scenario Droog een rood wegenpatroon te zien is in overstromingsgebied.

Zoals besproken in hoofdstuk 1.4 bevatte de Ruimtescanner al een 'Damage scanner' met de landgebruiksklassen woningen, industrie, recreatie, landbouw, natuur, bouwplaats, infrastructuur, water en buitenland. Omdat deze klassen niet overeenkomen met de klassen die zich in dit onderzoek in de Ruimtescanner bevinden is de 'Damage scanner' aangepast. Door deze aanpassing zal de scanner een minder exacte benadering geven van de potentiële overstromingsschade maar is deze benadering nog wel bruikbaar voor een evaluatie van het ruimtelijkeordeningsbeleid van de verschillende scenario's.

De statistische analyse is in dit onderzoek uitgevoerd om voor de bebouwing van 1960 - 2000 de meest geschikte locaties te vinden afgeleid uit de daadwerkelijke locaties van deze bebouwing. Het doel van deze analyse was om vervolgens te kijken hoe de nieuwe bebouwing zich in de verschillende scenario's zou verdelen over deze geschikte locaties. Dit is echter deels mogelijk in de gebruikte versie van de Ruimtescanner. Reden hiervoor is dat de geschiktheidwaarden voor de klasse bebouwd van toepassing zijn op alle bebouwing die gesimuleerd wordt, óók de bebouwing tot 1960. Maar, om een goede indruk te krijgen van de verschillende soorten beleid in de periode van 1960 - 2000 was het gewenst dat de bebouwing voor 1960 op dezelfde plek bleef. Om dit in dit onderzoek te bereiken hebben

deze locaties een hoge geschiktheid gekregen voor bebouwing. Met als gevolg dat deze geschiktheid, ongewenst, ook de verdeling van de bebouwing tussen 1960 - 2000 heeft beïnvloed. Het is daarom aan te raden om bij soortgelijk onderzoek in de toekomst twee klassen aan bebouwing op te nemen zodat de waarden die de Ruimtescanner gebruikt om ze in te delen elkaar niet beïnvloeden. Deze oplossing lost ook een paar andere, hierboven beschreven, problemen op. Zo zal de nieuwe bebouwing zich niet meer rond lokale 'wegen' van voor 1960 gaan voegen en zullen reeds aanwezige 'wegen' en bebouwing niet uit overstromingsgebied verdwijnen door een restrictie die is opgelegd aan de nieuwe bebouwing. Dit laatste voordeel brengt met zich mee dat de restrictie voor nieuwe bebouwing in overstromingsgebied nog sterker zou kunnen zijn zonder dat de huidige bebouwing verdwijnt. In dit onderzoek was dit niet mogelijk. Kortom, de 'Damage scanner' zou in verder onderzoek exacter kunnen beschrijven wat het effect is van het gevoerde beleid op de potentiële overstromingsschade en beter kunnen bepalen wat de maximale reductie is van de schade in de scenario's waar een restrictie op bouwen in overstromingsgebied is.

In dit onderzoek zijn enkele gegevens gebruikt die buiten de te onderzoeken periode vallen. De variabelen die de kortste euclidische afstand tot de toegang van een snelweg of een treinstation, de gemiddelde afstand tot de Rotterdamse haven en Schiphol en de afstand tot 10.000 inwoners beschrijven zijn representatief voor de periode van 2009 - 2012 en niet het jaar 2000. Deze discrepantie maakt dat de gegevens waar de Ruimtescanner mee werkt geen volledig reële weergave van het jaar 2000 schetsen. Er is toch voor gekozen om deze gegevens te gebruiken omdat het niet meenemen van dit soort variabelen verder af zou doen aan een reële weergave van 2000. Want, eerder onderzoek heeft aangetoond dat deze variabelen invloed hebben op het proces van urbanisatie (Koomen et al., 2015; Verburg et al., 2004). Voor verder onderzoek is het aan te raden gegevens te gebruiken die representatief zijn voor de te simuleren periode.

Om het proces van urbanisatie te bestuderen zijn in de statistische analyse verschillende gegevens meegenomen die of in eerder onderzoek bruikbaar zijn gebleken of relevant waren vanwege de opzet van dit onderzoek. De verklarende werking van de gebruikte variabelen is goed gezien een ROC-waarde van 0,850. Om deze waarde nog hoger te krijgen, dus nog meer te verklaren, kan in vervolgonderzoek nog variabelen worden toegevoegd aan de analyse. Een suggestie is een variabele die de aantrekkelijkheid van een omgeving voor woningen beschrijft. Uit onderzoek is gebleken dat het toevoegen van deze variabele in onderzoek naar urbanisatie in Nederland een nog betere verklaring van het proces geeft (Verburg et al., 2004).

Dit onderzoek heeft zich uitsluitend gericht op het effect van ruimtelijkeordeningsbeleid in Nederland in de periode van 1960 - 2000 en de gevolgen voor potentiële overstromingsschade. Aspecten die hierbij een rol hebben gespeeld zijn de mogelijkheid tot realiseren van de vraag naar bebouwing per Provincie en de potentiële schade als gevolg van de gekozen locatie voor bebouwing. Hierbij wordt aangenomen dat al het landbouwareaal in Nederland een mogelijke locatie is voor nieuwe bebouwing. In de praktijk zal dit niet het geval zijn. Maar, gezien het grote gebied dat in de scenario's Hoog & Droog en Droog slechts een kleine toename aan bebouwing kent wordt het reëel geacht in dit gebied een geschikte nieuwe locatie te vinden voor die bebouwing met een hogere dichtheid. Om deze reden

wordt het uitvoeren van een restrictie op bouwen in overstromingsgebied in de praktijk haalbaar geacht.

Tot slot is het voor het opstellen van restrictief beleid voor bouwen in overstromingsgebied relevant om te achterhalen tot welke inundatiediepte een restrictie met een waarde van -30,00 in de Ruimtescanner zich verhoudt. Dit is lastig te zeggen omdat dit per cel afhankelijk is van alle andere geschiktheidwaarden die in de Ruimtescanner zijn gedefinieerd en afhankelijk is van de vraag naar bebouwing in het gebied waar de cel zich bevindt. Voor het opstellen van dit soort beleid zal dit nader onderzocht moeten worden.

3.2 Conclusie

Dit onderzoek had als doel om het ruimtelijkeordeningsbeleid in Nederland in de periode van 1960 - 2000 te evalueren op het gebied van potentiële overstromingsschade. Aspecten die hierbij een rol hebben gespeeld zijn de mogelijkheid tot realiseren van de vraag naar bebouwing per Provincie en de potentiële overstromingsschade als gevolg van het ruimtelijkeordeningsbeleid per scenario en daarmee de gekozen locatie voor bebouwing. Uit dit onderzoek valt niet te concluderen wat het effect is van een liberaal of compact ruimtelijk ordeningsbeleid omdat het in scenario Hoog & Droog niet gelukt is een compacte urbanisatie te simuleren. Wel is gebleken dat het effect van een restrictie op bouwen in overstromingsgebied een reductie van de potentiële overstromingsschade van 42% op kan leveren.

Met behulp van de aanbevelingen uit dit onderzoek kan in vervolgonderzoek deze reductie nog exacter worden vastgesteld. Ook kan gekeken worden of het mogelijk is de restrictie die in dit onderzoek is toegepast te vergroten terwijl de vraag naar bebouwing nog gerealiseerd wordt. Tot slot zal vervolgonderzoek aan moeten tonen tot welke inundatiediepte deze restrictie zich in de werkelijkheid verhoudt om hier daadwerkelijk beleid voor op te kunnen stellen.

Bronnenlijst

- Bouwer, L. M., Crompton, R. P., Faust, E., Höpfe, P., & Pielke Jr, R. A. (2007). Confronting disaster losses. *Science-New York then Washington-*, 318(5851), 753.
- Dekkers, J. (2016). Dutch spatial policy zones [Computerbestand]. Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL). Beschikbaar op: <http://geoplaza.vu.nl/data/dataset/dutch-spatial-policy-zones>. [Geraadpleegd op Juni 2018]
- Geurs, K. T., & van Wee, B. (2006). Ex-post evaluation of thirty years of compact urban development in the Netherlands. *Urban studies*, 43(1), 139-160.
- Hoymann, J. (2010). Spatial allocation of future residential land use in the Elbe River Basin. *Environment and Planning B: Planning and design*, 37(5), 911-928.
- Klijn, F., Baan, P., & Bruijn de K, K. J. (2007). Huidige en toekomstige over-stromingsrisico's in Nederland in een veranderend klimaat. *WL Delft Hydraulics, Delft*.
- Kramer, H., 2006. Dataset Historisch Grondgebruik Nederland [Computerbestand]. Wageningen UR – Alterra, the Netherlands. Beschikbaar op: <http://geoplaza.vu.nl/data/dataset/hgn-historisch-grondgebruik-nederland>. [Geraadpleegd op Juni 2018]
- Koomen, E., Diogo, V., Dekkers, J., & Rietveld, P. (2015). A utility-based suitability framework for integrated local-scale land-use modelling. *Computers, Environment and Urban Systems*, 50, 1-14.
- Koomen, E., Hilferink, M., & Borsboom-van Beurden, J. (2011). Introducing land use scanner. In *Land-use modelling in planning practice* (pp. 3-21). Springer, Dordrecht.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007. Programma waterveiligheid 21e eeuw [online]. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Beschikbaar op: https://ruimtelijkeadaptatie.nl/publish/pages/115023/waterveiligheid_21ste_eeuw.pdf [Geraadpleegd op Mei 2018].
- de Moel, H., Aerts, J. C., & Koomen, E. (2011). Development of flood exposure in the Netherlands during the 20th and 21st century. *Global Environmental Change*, 21(2), 620-627.
- Neuvel, J. M., & van den Brink, A. (2009). Flood risk management in Dutch local spatial planning practices. *Journal of Environmental Planning and Management*, 52(7), 865-880.
- Pontius Jr, R. G., & Schneider, L. C. (2001). Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture, ecosystems & environment*, 85(1-3), 239-248.
- Rietveld, P., Scholten, H., & Stillwell, J. (2001). EuroScanner: a simulation model for land use change in Europe. In *Land Use Simulation for Europe* (pp. 235-244). Springer, Dordrecht.

Rijkswaterstaat, 2013. Nationaal Historisch Wegenbestand 1960 [Computerbestand]. Ministerie van Infrastructuur en Milieu | Planbureau voor de leefomgeving. Beschikbaar op: <https://data.overheid.nl/data/dataset/nationaal-historisch-wegenbestand>. [Geraadpleegd op Juni 2018].

Rijkswaterstaat, jaartal onbekend. Nationaal Historisch Wegenbestand 2000 [Computerbestand]. Eigenaar onbekend. Beschikbaar op: <http://geoplaza.vu.nl/data/dataset/nationaal-wegen-bestand-nwb/resource/1963d482-3145-4698-bcdb-2ae1d64b7d43>. [Geraadpleegd op Juni 2018].

RWS_DWW, 2005. Flood Risks and safety in the Netherlands (Floris).

Verburg P. H., Schot P., Dijst M. J., Veldkamp A. (2004). Determinants of land-use change patterns in the Netherlands. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31, 125-150.

VROM (1989). Vierde Nota over de Ruimtelijke Ordening. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieubeheer, Den Haag: SDU uitgeverij.

Wouters, C.A.H., Holterman, S.R., 2007. Overstromingsrisicokaarten. HKV lijn in water.