



**rijksuniversiteit
groningen**

**faculteit ruimtelijke
wetenschappen**

De bouwhoogte en bouwkosten van kantoren in Nederland

*Een empirisch onderzoek naar de relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten
van kantoren in Nederland*

27 februari 2015

Masterthesis Real Estate Studies

Ruben Modderman

Begeleider: De heer prof. dr. ir. A.J. van der Vlist

Colofoon

Titel "De bouwhoogte en bouwkosten van kantoren in Nederland"
Datum 27 februari 2015

Instelling Rijksuniversiteit Groningen
Faculteit Ruimtelijke wetenschappen
Master Real Estate Studies
Adres Landleven 1, 9747 AD Groningen

Auteur Ruben Modderman
Studentnummer S2598531
Telefoonnummer 0613248192
E-mail r.s.modderman@gmail.com

Begeleider De heer Prof. dr. ir. A.J. van der Vlist
Tweede beoordelaar De heer Prof. dr. E.F. Nozeman



Voorwoord

Deze thesis is geschreven ter afronding van de masteropleiding Real Estate Studies aan de Rijksuniversiteit Groningen. De masteropleiding is van grote waarde gebleken en een zeer waardevolle aanvulling op mijn HBO opleiding Bouwtechnische Bedrijfskunde. Het schrijven van de thesis is niet geheel zonder slag of stoot verlopen. Maar na enkele maanden gewerkt te hebben aan dit onderzoek, kan ik tevreden terugkijken op een leuke en leerzame periode.

De data voor het onderzoek is verzameld bij verschillende gemeenten in Nederland. De diversiteit van archivering zorgde zo nu en dan voor de nodige kopzorgen, gaat dit allemaal lukken? De dataverzameling heeft dan ook de nodige energie en tijd gekost. Het plannen van een afspraak en het uitspitten van tientallen archiefdozen vergde soms het nodige geduld. Na negen gemeentehuizen, acht Amsterdamse stadsdelen en tientallen archiefdozen was ik half januari blij dat de dataverzameling er op zat. Het schrijven van de thesis kon worden voortgezet.

Graag wil ik nog een aantal personen bedanken. Allereerst mijn begeleider prof. dr. ir. Arno van der Vlist. De begeleiding heb ik als zeer prettig ervaren. De feedbacksessies waren altijd erg informatief en daarnaast heb ik de snelle communicatielijnen zeer gewaardeerd. Annita Vijverberg (Geodan) en Mark Verlaat (Rijksuniversiteit Groningen) wil ik graag bedanken voor het leveren van de BAG database met kantoren, gekoppeld met het Actueel Hoogtebestand Nederland. Een proces dat ook de nodige voeten in aarde had, maar ook dit met het nodige geduld uiteindelijk goed is gekomen. Daarnaast wil ik Marjan Peppelman (Arcadis) en Haiko Tiems (Heijmans BV) bedanken voor de gevoerde gesprekken over de bouwkosten en bouwhoogte van kantoren. Tot slot gaat ook mijn dank uit naar alle gemeenten en stadsdelen voor hun medewerking.

Groningen, februari 2015

Ruben Modderman

Samenvatting

Aanleiding en relevantie

De hoogbouwcultuur kent zowel nationaal als internationaal grote verschillen. In Nederland is de hoogbouwcultuur in mindere mate aan de orde, maar kennen de grote steden zoals Amsterdam en Rotterdam ook hoogbouw. Voor ontwikkelaars is het realiseren van dichtheid en hoogbouw een manier om het ontwikkelingsplan te optimaliseren. In dit onderzoek is de relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten van kantoorgebouwen in Nederland nader onderzocht.

Probleemverkenning

Omtrent de bouwhoogte en bouwkosten zijn een aantal onderzoeken verschenen. De relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten lopen in de diverse onderzoeken uiteen, daarnaast zijn de onderzoeken allen uitgevoerd in het buitenland. In Nederland is de relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten nog niet onderzocht. Middels dit onderzoek wordt getracht inzicht te krijgen in de relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten van kantoorgebouwen in de Nederland.

De centrale vraagstelling van het onderzoek luidt: *“Welke relatie kan worden aangetoond tussen de bouwhoogte en bouwkosten van kantoorgebouwen in Nederland?”*

Methoden van aanpak

De relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten wordt onderzocht aan de hand van een meervoudige regressie analyse. Er is een steekproef getrokken uit de BAG (Basisregistraties Adressen en Gebouwen), waarbij de populatie is opgesplitst in verschillende hoogteklassen. De data is verzameld uit de bouwvergunningen bij 10 grote gemeenten in Nederland (bouwjaar kantoren \geq 1995). Aan de kantoorlocatie is vanuit het CBS een stedelijkheidsniveau gekoppeld, daarnaast biedt de *JLL Office Location Ranking* inzicht in de kwaliteit van de kantoorlocatie. De kwaliteit van de kantoorlocatie is een indicator van het huurprijsniveau.

Theoretisch kader

In het vastgoedontwikkelingsproces zijn de bouwkosten, als onderdeel van de totale ontwikkelingskosten, van groot belang. Bij de verhouding tussen de kosten en opbrengsten zoekt de ontwikkelaar naar planoptimalisatie (winstmaximalisatie). Door diverse auteurs wordt aangetoond dat de bouwhoogte wordt bepaald door de relatie tussen de opbrengsten en bouwkosten, waarbij eveneens gekeken wordt naar de ratio tussen kapitaal en grond. Zo kan bij een hogere opbrengst een hogere optimale dichtheid worden gerealiseerd en zal bijvoorbeeld een beperkte beschikbaarheid van grond kunnen resulteren in kapitaalintensievere bebouwing, resulterend in hogere bebouwing.

In de wetenschappelijke literatuur worden verschillende determinanten geïdentificeerd die van invloed zijn op de bouwkosten. Deze determinanten hebben een relatie met het ontwerp en de bouwhoogte en zijn van invloed op de kosten. De determinanten zijn onderverdeeld in *gebouwaspecten* en *locatie-aspecten*. Belangrijk onderdeel bij de gebouwaspecten zijn de installaties van het gebouw. De kosten voor installaties hebben een sterke relatie met de bouwhoogte en zijn tevens van invloed op de verhouding tussen het bruto vloeroppervlak en het verhuurbaar vloeroppervlak. Deze verhouding wordt ongunstiger. De locatieaspecten houden onder andere

verband met het vrije gebied rondom het bouwwerk. Beperking van de vrije ruimte is van invloed op de inrichting van de bouwplaats en de bouwkosten.

Resultaten

De resultaten van de meervoudige lineaire regressie tonen aan dat er een positief lineair verband is tussen de bouwhoogte en bouwkosten per vierkante meter. Bij een stijging van 1% in de bouwhoogte, stijgen de bouwkosten per vierkante meter met 0,137%. Het blijkt dat het relatieve belang van de bouwvorm het grootst is, gevolgd door de footprint en de bouwhoogte. Door het toenemende gewicht van bovenliggende verdiepingen en de toenemende belasting van de wind op het gebouw nemen de funderings- en constructiekosten toe. De draagconstructie van het bouwwerk zal zwaarder en duurder worden als de bouwhoogte stijgt. Door een hogere bouwhoogte zullen ook het aantal liftinstallaties toenemen, doorgaans een grote kostenpost. Daarnaast nemen ook de kosten voor klimaatinstallaties toe, waarbij schachten en kanalen voor luchtbehandeling steeds groter en langer worden, wat een kostenverhogend effect heeft. Eveneens zullen op het gebied van watertoevoer steeds zwaardere hydrofoorinstallaties noodzakelijk zijn om het water de hoogte in te pompen. Dit geldt tevens voor verwarmingsinstallaties met groter en zwaarder wordende pompen. Een meer S-vormige relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten is zichtbaar, maar niet statistisch significant.

De genoemde kostenverhogende facetten bij hogere bouwhoogtes zijn eveneens van invloed op de verhouding tussen het verhuurbaar vloeroppervlak (VVO) en het bruto vloeroppervlak (BVO). De VVO/BVO verhouding wordt steeds ongunstiger naar mate de bouwhoogte stijgt. Dit betekent dat hoogbouw uiteindelijk per netto verhuurbaar vloeroppervlak steeds duurder wordt. Om te corrigeren voor de inefficiëntie tussen de bouwkosten voor het bruto vloeroppervlak en opbrengsten van het netto verhuurbaar vloeroppervlak zullen hogere huurprijzen noodzakelijk zijn.

Locatiespecifieke kenmerken blijken eveneens van invloed op de bouwhoogte en bouwkosten. De bouwkosten per vierkante meter liggen hoger naar mate de bouwintensiteit op de kavel groter is. Ook is aangetoond dat kantoren op kwalitatief betere kantoorlocaties hoger zijn en daarbij hogere bouwkosten per vierkante meter hebben. Een verschil in bouwkosten per vierkante meter tussen zeer stedelijke en niet stedelijke kantoorlocaties is niet aangetoond.

Samenvattend leidt hoger bouwen tot hogere bouwkosten, wat voor de financiële haalbaarheid zal moeten resulteren in hogere huurprijzen. Daarnaast zijn hogere huurprijzen een stimulans om hoger te bouwen. Voor een ontwikkelaar is het van belang de optimale bouwhoogte te vinden, waarbij de uiteindelijke opbrengsten de bouwkosten overtreffen met het gewenste redendement.

INHOUD

| | |
|---|-----------|
| 1. INLEIDING..... | 1 |
| 1.1 Aanleiding en relevantie..... | 1 |
| 1.2 Probleemverkenning | 1 |
| 1.3 Probleem-, doel-, en vraagstelling | 3 |
| 1.4 Deelvragen..... | 3 |
| 1.5 Methoden van aanpak | 4 |
| 1.6 Leeswijzer | 5 |
| 2. THEORETISCH KADER | 6 |
| 2.1 Vastgoedontwikkelingsproces..... | 6 |
| 2.2 Determinanten van de bouwkosten..... | 9 |
| 2.3 Hypothesen | 13 |
| 3. DATA & METHODOLOGIE | 14 |
| 3.1 Dataverzameling..... | 14 |
| 3.2 Operationalisering..... | 15 |
| 3.3 Steekproef | 16 |
| 3.4 Beschrijvende analyse | 17 |
| 3.5 Methodologie | 23 |
| 4. ANALYSE EN RESULTATEN | 25 |
| 4.1 Meervoudige lineaire regressie analyse..... | 25 |
| 4.2 Hypothesen | 29 |
| 5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN | 31 |
| 5.1 Conclusie | 31 |
| 5.2 Evaluatie en aanbevelingen..... | 32 |
| 6. LITERATUUR | 34 |
| BIJLAGEN | 37 |

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en relevantie

De hoogbouwcultuur kent zowel nationaal als internationaal grote verschillen. Zo is in wereldsteden als Hong Kong, New York en Shanghai een grote diversiteit aan wolkenkrabbers te vinden. In Nederland is dit fenomeen in mindere mate aan de orde, maar kennen de grote steden zoals Amsterdam en Rotterdam ook hoogbouw. De Zuidas in Amsterdam en de Kop van Zuid in Rotterdam bieden bijvoorbeeld sterke concentraties van hoogbouw. Hoogbouw wordt gezien als een belangrijk middel om verdichting van de stad mogelijk te maken. De gemeente Amsterdam ziet locaties met hoge gebouwen als een markering van plekken van stedenbouwkundige en economische waarde (gemeente Amsterdam, 2011). In Rotterdam passeert een zevental gebouwen de 100 meter, waarbij de Maastoren met 165 meter het hoogste kantoorgebouw van Nederland is (Volkskrant, 2010). Er zijn echter grenzen aan hoogbouw. Enerzijds door het Ruimtelijke Ordeningsbeleid, anderzijds door de bouwkosten die hiermee gemoeid zijn.

De focus van dit onderzoek ligt in de relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten van kantoren. Al in een vroeg stadium van een project worden voorlopige kostenramingen opgesteld. Deze kostenramingen spelen een belangrijke rol bij de haalbaarheidsstudies van een project. Optimalisatie tussen kosten en opbrengsten is voor een ontwikkelaar van groot belang. Een gebrek aan inzicht in de kosten kan nadelig zijn voor de daarop volgende besluitvorming en eventuele uitvoering van het plan. Door Marr (1977) wordt gesteld dat een fout in de kostenraming in de ontwerpfase soms 20-40% van de uiteindelijke kosten kunnen zijn. Het is dus van belang om in een vroeg stadium inzicht te krijgen in de bouwkosten van een project. In dit onderzoek wordt de relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten van kantoorgebouwen in Nederland nader onderzocht.

1.2 Probleemverkenning

In de wetenschappelijke literatuur is er veel geschreven over de verklaring voor hoogbouw (o.a. Fujita, 1989; Mills, 1967). Hoogbouw wordt in de *urban economics* verklaard door de concentratie van bedrijvigheid en het ontstaan van schaarste van grond, met als gevolg stijgende grondprijzen. De hoge grondprijs is een stimulans voor intensiever grondgebruik (Alonso, 1964; Evans, 2004). In veel internationale steden is deze concentratie van hoogbouw terug te zien in het stadcentrum, daar waar de bedrijvigheid geconcentreerd is. Naar mate de afstand tot het centrum toeneemt, wordt de grond minder intensief gebruikt.

De genoemde verklaring voor hoogbouw gaat echter niet in alle situaties op (Helsley & Strange, 2008). Zo vindt er tevens hoogbouw plaats op locaties waar niet direct sprake is van schaarste van grond en waar bijvoorbeeld laag en hoogbouw naast elkaar gerealiseerd worden. Voor ontwikkelaars is het realiseren van dichtheid en hoogbouw een manier om het ontwikkelingsplan te optimaliseren. Door meer volume te realiseren kunnen meer inkomsten worden gegenereerd. De verhouding tussen kosten en opbrengsten is hierbij van belang.

Door Koster e.a. (2014) is onderzoek gedaan naar de relatie tussen de bouwhoogte en huurprijzen van kantoren in Nederland. Hierbij is een positief verband gevonden tussen de bouwhoogte en huurprijzen. Zo is gebleken dat een stijging van 10 meter in bouwhoogte leidt tot een huurstijging

van 3%. Daarnaast is aangetoond dat de huurprijs van een kantoor hoger dan 100 meter, 50% per vierkante meter duurder is dan gebouwen lager dan 20 meter. De verschillen in huurprijzen ontstaan door het *landmark*-/zichteffect op hogere verdiepingen (Koster e.a., 2014). Het verband tussen de bouwhoogte en huurprijzen is echter niet lineair. De resultaten tonen tot 100 meter een concave functie. Vanaf 100 meter wordt het verband een convexe functie (Koster e.a., 2014). Dit betekent dat er vanaf 100 meter een sterke stijging zichtbaar is, wederom door het *landmark*-/zichteffect.

Omtrent de bouwhoogte en bouwkosten zijn een aantal onderzoeken verschenen. Flanagan & Norman (1978) en Newton (1982) veronderstellen een U-vormige relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten. Hierbij nemen de bouwkosten per vierkante meter tot een zekere bouwhoogte af, waarna dit uitvlakt en vervolgens stijgt. Hiermee verwerpen Flanagan & Norman (1978) eerdere onderzoeken (Tregenza, 1972; Jarle & Pöyhönen, 1969; Steyert, 1972) waarbij een positief lineair verband tussen de bouwhoogte en bouwkosten per vierkante meter werd verondersteld.

Meer recent zijn er in Hong Kong een aantal studies verschenen die ook onderzoek hebben gedaan naar de bouwhoogte en bouwkosten (Chau e.a., 2007; Li e.a., 2005; Lau & Yam, 2007, Picken & Ilozor, 2003). Door Chau e.a. (2007) is onderzoek gedaan naar de optimale bouwhoogte in relatie tot bouwkosten voor appartementen in Hong Kong. De bouwkosten tonen een positief verband in relatie tot de bouwhoogte, de stijging is echter niet lineair maar exponentieel. In het onderzoek van Chau (2007) zijn de bouwkosten een functie van een aantal technische en gebouwspecifieke kenmerken zoals de bouwkwiteit (materialen) en het aantal verdiepingen.

Door Picken & Ilozor (2003) wordt een negatief verband gevonden tussen de bouwhoogte en bouwkosten per vierkante meter van kantoren tot 100 meter in Hong Kong. Rond de 100 meter vlakt de dalende lijn uit en laat het boven de 100 meter een licht stijgende trend zien. Echter zijn er te weinig kantoorobjecten van boven de 100 meter in het onderzoek onderzocht om hier verdere uitspraken over te doen. Ook in het onderzoek van Picken & Ilozor (2003) worden een beperkt aantal gebouwspecifieke kenmerken opgenomen zoals de footprint en het aantal verdiepingen.

In het onderzoek van Li e.a. (2005) wordt de relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten onderzocht aan de hand van technische aspecten, waarbij onderscheid gemaakt is tussen beton- en staalconstructies van kantoren. Bij de kantoorobjecten met een staalconstructie heeft de bouwhoogte een positieve invloed op de totale bouwkosten. Bij een betonconstructie heeft de bouwhoogte een negatieve invloed op de totale bouwkosten. Beide modellen hebben een verklaarde variantie van ongeveer 95%. Bij staalconstructies wordt gekeken naar de variabelen totale vloeroppervlakte en bouwhoogte. Voor betonconstructies zijn dit de variabelen totale vloeroppervlakte, gemiddelde vloeroppervlakte per verdieping en de bouwhoogte. Op te merken valt dat zowel voor de beton- als staalconstructie kantoren een gering aantal observaties zijn gebruikt, respectievelijk 14 en 23.

Ook door Lau & Yam (2007) en Oss (2007) is onderzoek gedaan naar de technische elementen van kantoorgebouwen die van invloed zijn op de bouwkosten als hoger wordt gebouwd. Door Lau & Yam (2007) wordt geconcludeerd dat de bouwkosten per vierkante meter allereerst stijgen naar mate de hoogte toe neemt en vervolgens vanaf 35 tot 40 verdiepingen dalen. Elementen die de grootste invloed hebben op de bouwkosten zijn volgens Lau & Yam (2007) de constructie en de service groepen (zoals lift- en brandveiligheidsinstallaties) van het gebouw. Op te merken valt dat de studie

slechts op zeven kantoorgebouwen in Hong Kong is gebaseerd. Oss (2007) komt tot de conclusie dat de kosten voor het skelet en vloeren sterk stijgen (10-15% per tien bouwlagen), daarnaast noemt Oss (2007) eveneens de installatie- en liftkosten als grootste stijger als de hoogte toeneemt, respectievelijk 10-15% en 15-20% per tien bouwlagen. Het onderzoek is echter niet gebaseerd op een empirische analyse, maar op een theoretisch model gebaseerd op een aantal casestudies. Tevens bevat het onderzoek alleen kantoren met betonconstructies.

Tot slot wordt door onder andere Hellenberg Hubar (2009), Jong (2012), Picken & Ilozor (2003) en Johnson (2002) gesproken over locatiespecifieke kenmerken die van invloed zijn op de bouwkosten. Zo wordt de bouwplaats benoemd waarbij een beperkte vrije ruimte van positieve invloed is op de bouwkosten (Hellenberg Hubar, 2009; Jong, 2012; Picken & Ilozor, 2003). Door Johnson (2002) wordt in het Verenigd Koninkrijk gesproken over regionale verschillen in bouwkosten als gevolg van onder andere vraag en aanbod van werkgelegenheid.

Van de besproken onderzoeken is alleen de studie van Oss (2007) uitgevoerd binnen de Nederlandse kantorenmarkt. Maar zoals gezegd betreft dit onderzoek een casestudie en is het gebaseerd op enkel objecten met betonconstructies. Er is in Nederland tot op heden nog geen empirisch inzicht in de relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten van kantoorgebouwen.

1.3 Probleem-, doel-, en vraagstelling

Onderstaand worden achtereenvolgens de probleem-, doel-, en vraagstelling opgesomd.

Probleemstelling:

Er is op dit moment geen inzicht in de relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten van kantoorgebouwen in Nederland.

Doelstelling:

Middels dit onderzoek wordt getracht inzicht te krijgen in de relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten van kantoorgebouwen in de Nederland.

De centrale vraagstelling van het onderzoek luidt:

Welke relatie kan worden aangetoond tussen de bouwhoogte en bouwkosten van kantoorgebouwen in Nederland?

1.4 Deelvragen

Om de centrale vraagstelling te beantwoorden zijn drie deelvragen opgesteld, te weten:

- 1) Welke determinanten van de bouwkosten kunnen worden vastgesteld aan de hand van de wetenschappelijke literatuur?

Aan de hand van de wetenschappelijke literatuur wordt gezocht naar de determinanten van de bouwkosten, zowel in algemene zin als in relatie tot de bouwhoogte. Uiteindelijk zullen deze uitkomsten gebruikt worden voor het methodologisch onderzoek.

- 2) Welke invloed heeft de bouwhoogte op de bouwkosten van kantoorgebouwen in Nederland volgens de empirische analyse?

De tweede deelvraag wordt beantwoord door middel van de empirische analyse. Aan de hand van een meervoudige lineaire regressie wordt gekeken naar de verschillende factoren die van invloed zijn op de bouwkosten in relatie tot de bouwhoogte. De factoren worden bepaald aan de hand van deelvraag 1.

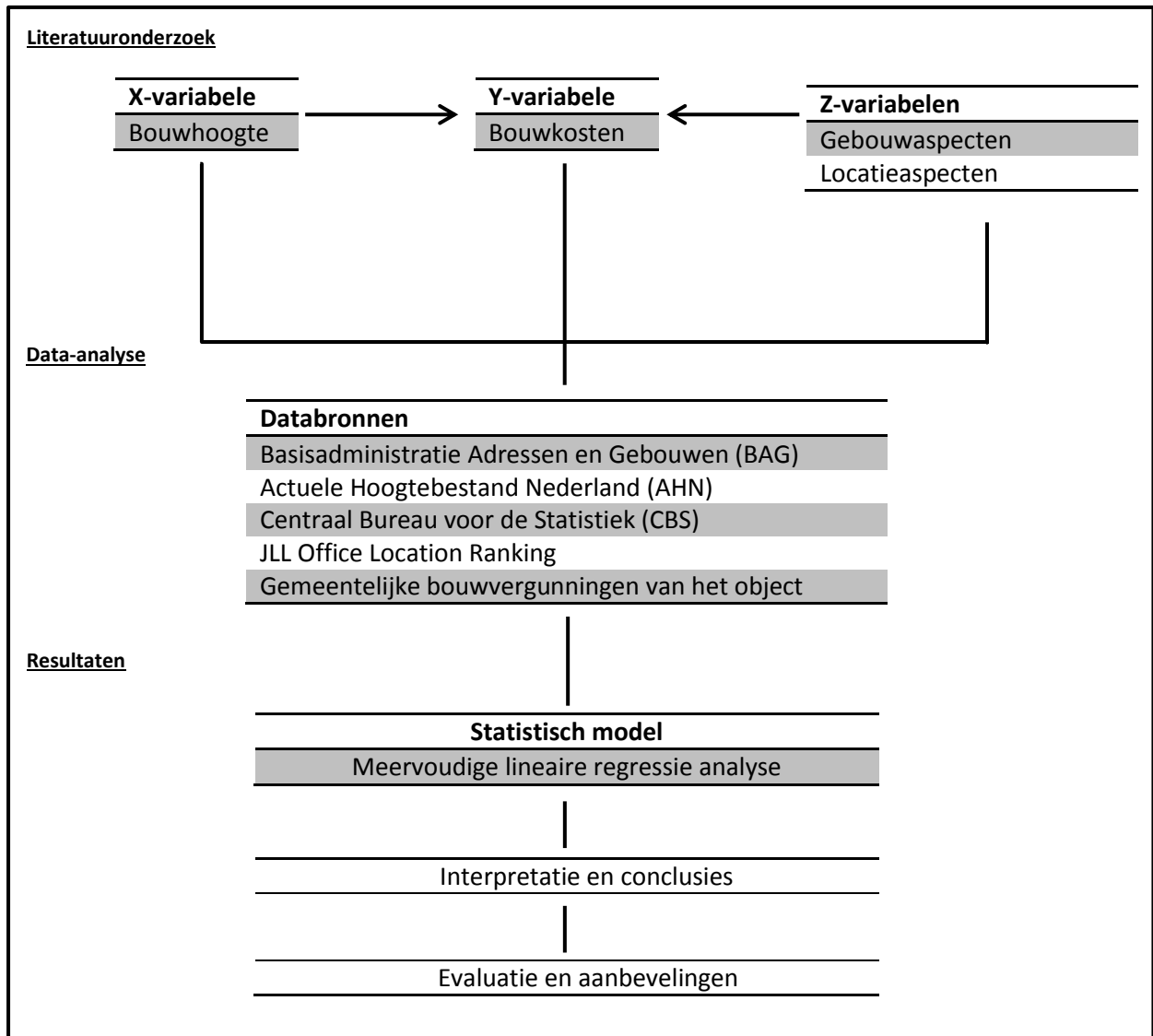
- 3) Zijn er verschillen in bouwkosten tussen *zeer stedelijke* en *niet stedelijke* kantoorlocaties?

In de laatste deelvraag wordt getoetst of er verschillen zijn in bouwkosten tussen kantoorgebouwen in *zeer stedelijke* en *niet stedelijke* kantoorlocaties. De deelvraag wordt empirisch getoetst middels de Chow-test.

1.5 Methodes van aanpak

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden wordt een toetsend onderzoek uitgevoerd. De relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten wordt onderzocht aan de hand van een meervoudige regressie analyse. Van groot belang is een representatieve dataset van gerealiseerde kantoorgebouwen in Nederland. Aan de hand van een gestratificeerde steekproef worden de kantoren voor het onderzoek geselecteerd. Dit betekent dat de gehele populatie wordt opgedeeld in deelpopulaties. Uit deze deelpopulaties wordt een willekeurige steekproef getrokken. De deelpopulaties worden bepaald naar aanleiding van het theoretisch onderzoek.

In dit onderzoek worden vijf verschillende databronnen geraadpleegd. Allereerst wordt gebruik gemaakt van de BAG (Basisregistraties Adressen en Gebouwen), hierin staan alle gebouwen in Nederland geregistreerd. Per object zijn specifieke gebouwgegevens beschikbaar zoals het gebruiksdoel, bouwjaar, footprint en locatie. Via de BAG is de populatie te bepalen. Vanuit de BAG wordt een koppeling gemaakt met het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN). Het AHN is een bestand met voor heel Nederland gedetailleerde en precieze hoogtegegevens. Op deze wijze worden de exacte hoogtegegevens gekoppeld aan de kantoorobjecten. Aan de kantoorlocatie wordt vanuit het CBS een stedelijkheidsniveau gekoppeld, daarnaast biedt de *JLL Office Location Ranking* inzicht in de kwaliteit van de kantoorlocatie. Tot slot wordt als vijfde databron gebruik gemaakt van de bouwvergunningen. In de bouwvergunning zijn gegevens terug te vinden zoals het bruto vloeroppervlak, aantal verdiepingen, type constructie en de bouwkosten. De afgegeven bouwvergunningen zijn gearchiveerd bij de verschillende gemeenten. De verschillende bouwkosten door de tijd heen zullen worden geïndexeerd aan de hand van de BDB-index (Bureau Documentatie Bouwwezen). De onderzoeksopzet staat weergegeven in het conceptueel model (**figuur 1**).



FIGUUR 1. CONCEPTUEEL MODEL

1.6 Leeswijzer

In **hoofdstuk 2** wordt het theoretisch kader uiteengezet. Het hoofdstuk werpt allereerst een theoretische blik op het vastgoedontwikkelingsproces in het kader van hoogbouw. Hierna worden de determinanten van de bouwkosten uit de wetenschappelijke literatuur besproken. In **hoofdstuk 3** wordt nader ingegaan op de data en methodologie. Hierbij wordt allereerst stilgestaan bij de dataverzameling en databeschrijving. Tot slot wordt het empirische model toegelicht. In **hoofdstuk 4** worden de gevonden resultaten besproken naar aanleiding van de meervoudige lineaire regressie analyse. **Hoofdstuk 5** biedt een overzicht van de conclusies en aanbevelingen.

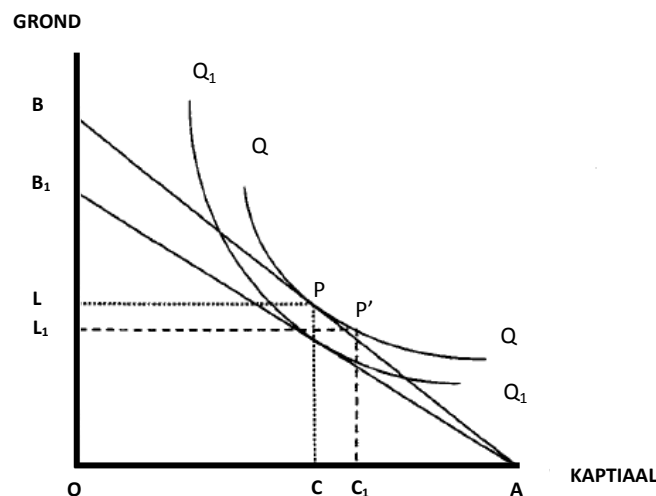
2. Theoretisch kader

2.1 Vastgoedontwikkelingsproces

In het vastgoedontwikkelingsproces zijn de bouwkosten, als onderdeel van de totale ontwikkelingskosten, van groot belang. Een ontwikkelaar zal optimaal gebruik maken van zijn optie om alleen te ontwikkelen als de uiteindelijke inkomsten de totale ontwikkelingskosten overschrijden (Williams, 1991). In de initiatieffase en vroege ontwerpfase worden kosten- en opbrengstenramingen gemaakt die de financiële haalbaarheid van een project inzichtelijk maken. Hiervoor worden verschillende technieken gebruikt. De residuele waarderingmethode is hier een voorbeeld van. Deze methode is ingericht om een onbekende component van een ontwikkeling, bijvoorbeeld de grondwaarde, te bepalen aan de hand van bekende componenten (Wilkinson & Reed, 2008). Het residu wordt bepaald door het verschil in ontwikkelingsopbrengsten en ontwikkelingskosten.

2.1.1 Planoptimalisatie

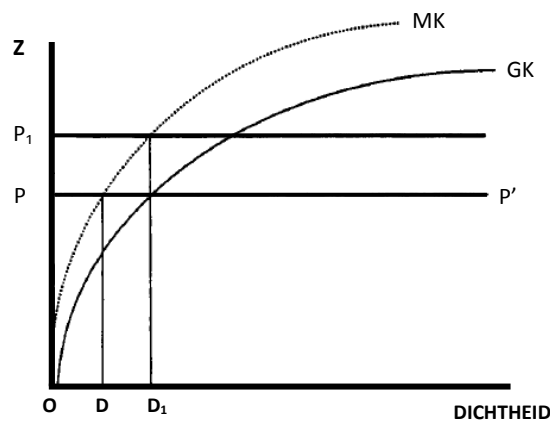
De verhouding tussen de kosten en opbrengsten zijn bij het inrichten van het ontwikkelingsplan van groot belang, de ontwikkelaar zoekt hierbij naar planoptimalisatie (Evans, 2004). Optimalisatie kan worden aangeduid als winstmaximalisatie. De hoeveelheid bebouwde ruimte in een ontwikkelingsplan wordt in de productietheorie verklaard door de relatie tussen kapitaal, grond en arbeid (Ciccone & Hall, 1993). Door Evans (2004) wordt in **figuur 2.1** aangetoond dat de dichtheid van het ontwikkelingsplan afhankelijk is van de verhouding tussen de factoren grond en kapitaal en de prijs hiervan. In **figuur 2.1** staat de hoeveelheid grond langs de verticale as en de hoeveelheid kapitaal langs de horizontale as. Het product verkregen uit grond en kapitaal is bebouwde ruimte. De isoquant Q geeft een hoeveelheid bebouwde ruimte weer bij de hoeveelheid grond B en de hoeveelheid kapitaal A . De hellingshoek van de isoquant Q geeft aan dat als de hoeveelheid van de ene factor daalt, een stijging van de andere factor noodzakelijk is om dezelfde bebouwde ruimte te produceren (de *trade-off* tussen productiefactoren). De combinatie van factoren grond B en kapitaal A gebruikt in een situatie wordt bepaald door de prijs ervan. De lijn BA betreft een isokostenlijn en geeft een mogelijke prijsratio weer tussen grond B en kapitaal A . Het raakpunt tussen de isoquant Q en de isokostenlijn BA geeft de maximale hoeveelheid bebouwde ruimte weer die kan worden gebouwd.



FIGUUR 2.1 PRODUCTIEFACTOREN GROND EN KAPITAAL IN RELATIE TOT DE DICHTHEID

Het raakpunt van QQ en BA is de maximaal bebouwde ruimte bij de gegeven prijsratio. Als de prijs van grond stijgt, kan er dus minder gekocht worden en verschuift de isokostenlijn van BA naar B_1A . De isoquant QQ verschuift naar Q_1Q_1 en er ontstaat een nieuw raakpunt waar de meeste bebouwde ruimte voor deze prijsratio is te verkrijgen. Echter, om dezelfde bebouwde ruimte te krijgen dient de B_1A lijn omhoog te schuiven tot een raakpunt met de QQ curve. Hierbij wordt dus meer kapitaal uitgegeven dan voorheen (snijpunt P versus P'). Er wordt dus kapitaalintensiever gebouwd (van OC naar OC_1) op minder grond (van OL naar OL_1), wat betekent dat hoger wordt gebouwd.

De toename van de ratio tussen kapitaal en grond leidt dus tot een toename van de dichtheid, wat resulteert in toename van de bouwhoogte. Dat prijsveranderingen van invloed zijn op het ontwikkelingsplan, in termen van dichtheid en residuele grondwaarde, wordt simplistisch weergegeven in **figuur 2.2**. In dit theoretische model van Evans (2004) wordt verondersteld dat de omliggende kavels bebouwd zijn en wordt gezocht naar optimalisatie in kosten en opbrengsten in relatie tot de dichtheid c.q. hoogte.



FIGUUR 2.2 HET EFFECT VAN PRIJSVERANDERING OP DE DICHTHEID

Op de horizontale as wordt de dichtheid weergegeven. Op de verticale as staat de huurprijs per vierkante meter en tevens de bouwkosten per vierkante meter. De gemiddelde bouwkosten (GK) stijgen naar mate de dichtheid stijgt. De marginale kostenlijn (MK) geven de bijkomende kosten weer voor elke extra vierkante meter op elke mate van dichtheid. Deze lijn ligt boven de gemiddelde bouwkosten (GK) omdat dat de gemiddelde kosten toenemen bij een hogere dichtheid. Verondersteld wordt dat de huurprijs (OP) constant blijft (PP').

Een ontwikkelaar wenst maximale opbrengst. Dit wordt verkregen op het snijpunt tussen de marginale kosten (MK) en de opbrengsten (PP') bij een dichtheid OD. Een hogere dichtheid is niet rendabel omdat de marginale kosten (MK) boven de opbrengsten (PP') liggen. Bij het snijpunt tussen lijn PP' en MK, liggen gemiddelde bouwkosten (GK) onder PP' . Dit betekent dat er een verschil is tussen de opbrengsten en de kosten. Dit verschil kan gezien worden als het residu, waaruit de waarde van de grond kan worden afgeleid.

Indien er nu een prijsstijging plaatsvindt in de opbrengsten (P_1), vindt het nieuwe snijpunt met de marginale kosten (MK) plaats bij een hogere dichtheid (OD_1). De grondwaarde stijgt hierbij ook. Bij

een prijsverandering in de bouwkosten zorgt een stijging van de marginale bouwkosten (MK) en dus de gemiddelde kosten (GK) voor een lagere dichtheid bij de gegeven opbrengst PP' . Anderzijds, als de marginale kosten (MK) en de gemiddelde bouwkosten (GK) dalen, zal een hogere dichtheid gerealiseerd kunnen worden bij de gegeven opbrengst. Het model impliceert dat bij hogere opbrengsten een hogere dichtheid kan worden gerealiseerd.

Hetgeen door Evans (2004) in **figuur 2.2** wordt aangetoond, kan tevens worden toegelicht middels *comparative statics*. In de economie worden *comparative statics* gebruikt om de verandering van een evenwichtspunt (equilibrium) te observeren na verandering van de exogene parameter. Door Chau e.a. (2007) wordt optimalisatie tussen kosten (C) en opbrengsten (R) in relatie tot de bouwhoogte (H) als volgt weergegeven (1):

$$\frac{\partial \pi}{\partial H} = \frac{\partial R}{\partial H} - \frac{\partial C}{\partial H} = 0 \quad (1)$$

Waarbij π staat voor de winst met opbrengsten (R) en bouwkosten (C) bij bouwhoogte (H). Een verandering in de exogene variabele (H), zal resulteren in verandering van de te verklaren endogene variabelen (π , R , C). Een verandering in de hoogte (H) zal zorgen voor een nieuw evenwicht tussen opbrengsten (R) en bouwkosten (C), wat resulteert in een andere optimale bouwhoogte. Hetgeen overeenkomstig is met **figuur 2.2**.

Het is evident dat de twee geïllustreerde figuren (**figuur 2.1** en **2.2**) overeenkomsten hebben. Echter bieden beide figuren een andere invalshoek. **Figuur 2.1** wordt gezien vanuit de aanbodzijde. Bij een prijsstijging van de grond zullen de kosten voor bebouwde ruimte stijgen en wordt de grond intensiever gebruikt. **Figuur 2.2** wordt gezien vanuit de vraagzijde. Een toename van de opbrengsten of een daling van de bouwkosten, kan zorgen voor een intensiever grondgebruik voor optimaal gebruik. Wat tevens resulteert in een hogere grondprijs. Dit gegeven toont aan dat beide benaderingen complementair zijn aan elkaar.

Tot slot bieden Arnott & Lewis (1979) een vergelijkbare maar meer verfijnde invalshoek op de relatie tussen de inkomsten, kosten en bebouwingsdichtheid. Door Arnott & Lewis (1979) wordt een model uiteengezet dat de vraag van een projectontwikkelaar onderzoekt: wanneer en met welke dichtheid kan het braakliggend stuk grond optimaal worden ontwikkeld.

De gewenste optimalisatie kan worden weergegeven middels formule (2). Het doel van de grondeigenaar is het optimaliseren van het verschil tussen de contante waarde van de huurinkomsten en de contante waarde van de bouwkosten op moment van ontwikkelen (T), met kapitaal (K):

$$\max_{T, K} L(T, K) = \int_T^{\infty} r(t)Q(K)e^{-it} dt - pKe^{-iT} \quad (2)$$

Hierbij staat $L(T, K)$ tot de contante waarde van een vierkante meter grond op moment van ontwikkelen op tijdstip T met kapitaal K ; $r(t)$ is de huurprijs per vierkante meter op tijdstip T ; $Q(K)$ is de bebouwing per vierkante meter grond met kapitaal, K . i betreft de rentevoet en p de prijs van een eenheid kapitaal. Er worden een aantal veronderstellingen gedaan, de huur is tot aan de ontwikkeling nul, de prijs van kapitaal blijft constant, er zijn geen belastingen, er vinden geen afschrijving plaats op het gebouw en de huur stijgt constant.

Door Arnott & Lewis (1979) wordt geconcludeerd dat de dichtheid van een ontwikkeling niet beïnvloed wordt door de prijs van kapitaal of de *huidige huurprijs*. Het is echter afhankelijk van *toekomstige huurprijzen*. Doordat de toekomstige kastromen (de huurprijzen) worden verdisconteerd, is de rentevoet en de toekomstig verwachte huurgroei wel van invloed op de potentiële bebouwingsdichtheid. Bij een hogere rentevoet zal de contante waarde lager worden, waardoor een lagere dichtheid gerealiseerd kan worden bij de gegeven bouwkosten. Als er een sterkere huurgroei wordt verwacht zal dit resulteren in een hogere contante waarde, wat kan resulteren in een hogere dichtheid voor optimalisatie tussen kosten en opbrengsten.

Samenvattend wordt door Evans (2004), Chau e.a. (2007) en Arnott & Lewis (1979) aangetoond dat de bouwhoogte wordt bepaald door de relatie tussen de opbrengsten en bouwkosten, waarbij eveneens gekeken wordt naar de ratio tussen kapitaal en grond. Zo kan bij een hogere opbrengst een hogere optimale dichtheid worden gerealiseerd en zal bijvoorbeeld een beperkte beschikbaarheid van grond kunnen resulteren in kapitaalintensievere bebouwing, resulterend in hogere bebouwing.

Het Ruimtelijke Ordeningsbeleid kan echter grenzen stellen aan de maximale bouwhoogte of bebouwingsdichtheid. Zo kan de uiteengezette theorie in praktijk niet altijd tot uiting komen. Daarnaast wordt door Chau e.a. (2007) in dit kader opgemerkt dat bijvoorbeeld de kavelgrootte en -grenzen van invloed kunnen zijn op de maximale footprint. Er kan niet altijd geheel vrij zonder beperkingen worden ontwikkeld. Daarnaast wordt door Barr (2012) het fenomeen '*height competition*' benoemd. Barr (2012) stelt dat in evenwicht de bouwhoogte inderdaad een functie is van de opbrengsten en bouwkosten, echter wordt empirisch aangetoond (in New York) dat er ook sprake kan zijn van '*height competition*', welke toeneemt in tijden van economische expansie. Hierbij wordt hoger gebouwd voor aanzien en status, wat resulteert in gebouwen die economisch gezien 'te hoog' zijn (Barr, 2012).

2.2 Determinanten van de bouwkosten

In de wetenschappelijke literatuur worden verschillende factoren geïdentificeerd die van invloed zijn op de bouwkosten. Deze determinanten hebben een relatie met het ontwerp en de bouwhoogte en zijn van invloed op de kosten. De determinanten zijn onderverdeeld in *gebouwaspecten* en *locatieaspecten*.

2.2.1 Gebouwaspecten

De kosten voor bouwkundige werken zijn sterk afhankelijk van de vorm en het ontwerp van het bouwwerk, mede omdat het een sterke invloed heeft op de constructie en de kosten van de gevels (Watts & Langdon, 2010). Door onder andere Gerritse (1999) en Gann e.a. (2003) wordt de kwaliteit en het ontwerp van gebouwen uitgesplitst in drie facetten. Deze drie facetten zijn gebaseerd op het werk van Romeins architect Vitruvius (± 85 – 20 v. Chr.) en omvatten de ruimtelijk-visuele kwaliteit (*venustas*), technische kwaliteit (*firmitas*) en functionaliteit (*utilitas*).

In termen van *ruimtelijke-visuele kwaliteit* kan gedacht worden aan esthetica en dus visuele uitstraling van het bouwwerk (Gerritse, 1999). De *technische kwaliteit* houdt verband met de bouwfysische eigenschappen, materiaalkeuze en installaties van het object. Tot slot noemt Gerritse (1999) bij *functionaliteit* kenmerken zoals het beschikbare aantal vierkante meters en bouwvorm.

Ruimtelijke-visueel

De grootte van het bouwwerk is van invloed op de bouwkosten. Door Chau e.a. (2007) wordt onder andere footprint van het gebouw benoemd. Er wordt een relatie verondersteld tussen de marginale kosten, de footprint en de bouwhoogte. Uit het onderzoek blijkt dat een grotere footprint zorgt voor hogere marginale kosten, bij een gelijk aantal verdiepingen. De marginale kosten van de bouw van een extra verdieping stijgen als een grotere footprint wordt bebouwd (Chau e.a., 2007). Sonmez (2004) toont aan dat de bouwkosten per vierkante meter dalen, naar mate de footprint groter wordt. Daarnaast zijn ook het totale bruto vloeroppervlakte en de bouwhoogte van positieve invloed op de bouwkosten (Ashworth, 1994; Chau e.a., 2007; Li e.a., 2005; Picken & Ilozor, 2003; Swaffield & Pasquire, 1996; Sonmez, 2004; Karshenas, 1984; Brandon, 1978). Chau e.a. (2007) en Chau (1999) benoemen de bouwkwaliteit, hierbij wordt onderscheid gemaakt in publieke en private bouwwerken. Li e.a. (2005) en Ashworth (1994) noemen beide de aanwezigheid van één of meerdere ondergrondse bouwlagen als determinant. Ashworth (1994) stelt de gewenste ondergrondse ruimte als “*an expensive alternative*”.

De bouwkosten voor een hoogbouwobject zijn duurder dan voor een laagbouwobject, ook als het vloeroppervlak gelijk is (Stone, 1976; Hellenbarg Hubar, 2009; Picken & Ilozor, 2002). De hoofdredenen die hier aan ten grondslag liggen zijn de stijging van de funderings- en constructiekosten door het toenemende gewicht van bovenliggende verdiepingen en de toenemende belasting van de wind op het gebouw (Steyert, 1972; Seeley, 1995). Ook een toename van de kosten van werken op hoogte door verticaal transport en hogere kosten voor machines en bouwkransen dragen hier aan bij (Ferry & Brandon, 1980).

Niet alle kosten nemen vanzelfsprekend toe als de bouwhoogte toeneemt (Ashworth 1994; Proverbs e.a., 1999). Door Ashworth (1994) worden vier categorieën van kosten genoemd die een verband hebben met bouwhoogte:

- Kosten per vierkante meter die dalen als de hoogte toeneemt (bijv. dakconstructies);
- Kosten per vierkante meter die stijgen als de hoogte toeneemt (bijv. liftinstallaties);
- Kosten per vierkante meter die niet veranderen als de hoogte toeneemt (bijv. interieurkosten);
- Kosten per vierkante meter die eerst dalen en vervolgens toenemen als de hoogte toeneemt (bijv. gevelbekleding).

Technisch

De technische aspecten houden verband met de bouwfysische eigenschappen zoals de draagconstructies, installaties en materiaalkeuze van bijvoorbeeld de gevel van het object (Gerritse, 1999). Het betreffen onderdelen die van grote invloed zijn op de bouwkosten. Onderstaand worden de drie onderdelen toegelicht.

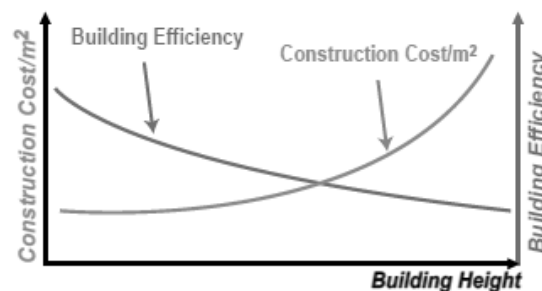
Draagconstructies

De kosten voor de draagconstructies hebben een groot aandeel in de bouwkosten en een sterke relatie met de bouwhoogte (Lau & Yam, 2007; Kouskoulas & Koehn, 1974). De draagconstructie van het bouwwerk zal zwaarder en duurder worden als de bouwhoogte stijgt (Hellenbar Hubar, 2009). Oss (2007) stelt in zijn onderzoek dat de kosten voor het skelet en de fundering ruim 18% van de directe bouwkosten bedragen. Op het gebied van draagconstructies wordt voornamelijk gebruik gemaakt van beton- en staalconstructies. In het onderzoek van Li e.a. (2005) blijkt dat bij kantoor-

objecten met een staalconstructie de bouwhoogte een positieve invloed heeft op de totale bouwkosten. Bij een kantoorobject met een betonconstructie tonen de resultaten een negatief verband tussen bouwhoogte en totale bouwkosten.

Installaties

De installaties nemen een groot aandeel in op het gebied van bouwkosten. De kosten voor installaties hebben een sterke relatie met de bouwhoogte. Door Oss (2007) wordt gesteld dat de kosten voor installaties kunnen oplopen tot boven de 40 procent van de totale kosten. Enerzijds zijn er installaties ten behoeve van het functioneren van het binnenklimaat, zoals thermische en hygiënische toepassingen. De schachten en kanalen voor luchtbehandeling zullen groter en langer worden, dit heeft een kostenverhogend effect. Om de watertoevoer op de hogere verdiepingen mogelijk te maken zijn sterke installaties noodzakelijk. Anderzijds zijn er voor verticaal transport liftinstallaties verplicht. De liftinstallaties hebben een grote invloed op het ontwerp en de kosten (Langdon e.a., 2002 en Lau & Yam, 2007). Zowel de draagconstructie als de installaties van het object zijn van invloed op de verhouding tussen het bruto vloeroppervlak en het verhuurbaar vloeroppervlak, deze wordt ongunstiger (**figuur 3**). Naar mate de hoogte en de grootte toeneemt, neemt het constructie- en installatieoppervlak toe.



FIGUUR 3. VERANDERING GEBOUWEFFICIËNTIE (BRON: LANGDON & SEAH, 2010)

Gevel

De gevel heeft net als de installaties een belangrijk aandeel in de totale bouwkosten. Gerritse (1999) stelt dat de gevel circa 30% van de totale bouwkosten in beslag kan nemen bij een bouwhoogte tot 12 bouwlagen. De Jong (2007) stelt dat de gevelkosten per vierkante stijgen naar mate de hoogte toeneemt. De bouwkosten per vierkante meter bruto vloeroppervlak stijgen 0,4% per verdieping (De Jong, 2007). Brandon (1978) en Swaffield & Pasquire (1996) benoemen beide de hoeveelheid glasoppervlak als factor die de bouwkosten beïnvloeden. Een meer open gevel heeft hogere kosten dan bijvoorbeeld een gesloten bakstenen gevel. Als alternatief voor een traditionele bakstenen gevel heeft bijvoorbeeld de vliesgevel van glas een kostenverhogend effect (Bird Invest, 2014).

Functioneel

De algemene regel in relatie met het ontwerp en de bouwvorm stelt: hoe eenvoudiger de bouwvorm, hoe lager de kosten per vierkante meter (Selley, 1995). In de wetenschappelijke literatuur zijn diverse indexen geformuleerd die van een gebouw de vorm en complexiteit uitdrukken, de zogenoemde *plan shape indices* (Banks, 1974; Brandon 1978; Kouskoulas & Koehn 1974). De meest bekende *plan shape index* is de *wall-to-floor ratio* en wordt tevens gebruikt in de praktijk (Brandon, 1974). De ratio kijkt naar de verhouding tussen het geveloppervlak en het totale vloeroppervlak. Er wordt verondersteld, hoe lager de ratio, hoe efficiënter de bouwvorm. Wat resulteert in lagere bouwkosten. De *wall-to-floor ratio* formule luidt (3) (W = geveloppervlak, F = bruto vloeroppervlak):

$$W - F \text{ Ratio} = \frac{W}{F} \quad (3)$$

Door Brandon (1978) wordt geopperd gebruik te maken van een *plan shape index* als determinant van de bouwkosten. Naar mate de complexiteit toeneemt, stijgen de bouwkosten. Chau (1999) toont echter aan dat het los meenemen van variabelen, zoals het vloeroppervlak, een hogere verklaarde variantie geeft dan een *plan shape index* als geheel opnemen. Respectievelijke 25,1% versus 16,8%.

2.2.2 Locatieaspecten

De locatie van het te bouwen object heeft ook invloed op de bouwkosten. Enerzijds op lokaal niveau (Jong, 2012; Karshenas, 1984; Sonmez, 2004; Hellenberg Hubar, 2009; Picken & Illozor, 2003). Anderzijds op regionaal niveau (Johnson, 2002). Op lokaal niveau kan gedacht worden aan de inrichting van de bouwplaats en de mogelijkheid voor het leveren en opslaan van materialen. Naar mate het gebied rondom het bouwwerk kleiner wordt, wordt de inrichting van de bouwplaats complexer en duurder (Jong, 2012; Hellenberg Hubar, 2009). Picken & Illozor (2003) refereren naar de situatie in Hong Kong waarbij gewerkt wordt met beperkte vrije ruimte op en rondom de bouwkevels. Het wordt gezien als uitdaging voor de architect en bouwers. Een veel gebruikte ratio om het bebouwd gebied van een kavel uit te drukken is de Ground Space Index (GSI) (4). Hoe hoger de ratio, hoe beperkter de vrije ruimte rondom het bouwwerk op de kavel. De GSI formule luidt:

$$GSI = \frac{\text{Bebouwd oppervlak}}{\text{Kaveloppervlak}} \quad (4)$$

In termen van hoogbouw biedt de Floor Space Index (FSI) inzicht in de ratio tussen totale bruto vloeroppervlak van het gebouw en de oppervlakte van de kavel. De FSI formule luidt:

$$FSI = \frac{\text{Totale bruto vloeroppervlak}}{\text{Kaveloppervlak}} \quad (5)$$

Een hogere ratio duidt op een hogere dichtheid. Zo kent een ratio van 2.0 een twee keer zo groot aantal vierkante meters gebouwoppervlak dan de oppervlakte van de kavel.

Op regionaal niveau kunnen tevens verschillen in bouwkosten worden waargenomen. Door Johnson (2002) is onderzoek gedaan naar de regionale kostenverschillen tussen provincies in het Verenigd Koninkrijk. De verschillen ontstaan door het verschil in vraag en aanbod van werkgelegenheid en materialen, belastingen en subsidies.

In **tabel 1** worden de verschillende determinanten weergegeven met bijbehorende auteurs.

TABEL 1. OVERZICHT VAN DETERMINANTEN EN AUTEURS

| Determinanten | Auteurs | |
|--|--|--|
| Gebouwaspecten | | |
| - Ruimtelijk-visueel | | |
| Bouwhoogte (in meters); of Aantal verdiepingen | <ul style="list-style-type: none"> ○ Chau e.a. (2007) ○ Li e.a. (2005) ○ Picken & Illozor (2003) ○ Swaffield & Pasquire (1996) | <ul style="list-style-type: none"> ○ Kouskoulas & Koehn (1974) ○ Brandon (1978) ○ Karshenas (1984) ○ Sonmez (2004) |
| Gem. verdiepingshoogte | <ul style="list-style-type: none"> ○ Li e.a. (2005) | <ul style="list-style-type: none"> ○ Brandon (1978) |
| Verdiepingen ondergronds | <ul style="list-style-type: none"> ○ Li e.a. (2005) | <ul style="list-style-type: none"> ○ Ashworth (1994) |
| Bouwkwaliteit | <ul style="list-style-type: none"> ○ Chau e.a. (2007) | |
| Footprint | <ul style="list-style-type: none"> ○ Chau e.a. (2007) ○ Sonmez (2004) | <ul style="list-style-type: none"> ○ Swaffield & Pasquire (1996) |

VERVOLG TABEL 1. OVERZICHT VAN DETERMINANTEN EN AUTEURS

| | | |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Totaal vloeroppervlak | ○ Chau e.a. (2007) | ○ Picken & Illozor (2003) |
| | ○ Li e.a. (2005) | |
| - Technisch | | |
| Type constructie | ○ Li e.a. (2005) | ○ Kouskoulas & Koehn (1974) |
| Type gevel | ○ Brandon (1978) | ○ Swaffield & Pasquire (1996) |
| Installaties (lift) | ○ Oss (2007) | ○ Langdon e.a. (2002) |
| | ○ Lau & Yam (2007) | |
| - Functioneel | | |
| Complexiteit gebouw | ○ Brandon (1978) | |
| Locatie aspecten | | |
| Locatie / regio | ○ Karshenas (1984) | ○ Hellenberg Hubar (2009) |
| | ○ Kouskoulas and Koehn (1974) | ○ Johnson (2002) |
| | ○ Sonmez (2004) | ○ Jong (2012) |

2.3 Hypothesen

Aan de hand van de literatuurstudie kunnen een aantal hypothesen worden opgesteld. De eerste hypothese betreft de relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten. In diverse onderzoeken zijn uitspraken gedaan over het type verband tussen de bouwhoogte en bouwkosten. Chau (2007) en Picken & Illozor (2003) veronderstellen respectievelijk een positief en negatief (exponentieel) verband. Daarnaast komen Flanagan & Norman (1978) en Newton (1982) tot een U-vormige relatie. De eerste hypothese luidt:

- 1) De relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten betreft een U-vormige relatie.

De tweede hypothese toetst of er locatiespecifieke verschillen zijn. Naarmate het gebied rondom het bouwwerk kleiner wordt, wordt de inrichting van de bouwplaats complexer en duurder (Jong, 2012; Hellenberg Hubar, 2009). De verhouding tussen bebouwd oppervlak en onbebouwd oppervlak kan worden uitgedrukt middels de Ground Space Index (GSI).

- 2) Bouwkavels met een grotere GSI hebben hogere bouwkosten per vierkante meter.

De derde hypothese richt zich op de buurt van het kantoorgebouw. Picken & Illozor (2003) refereren naar de situatie in Hong Kong waarbij gewerkt wordt met beperkte vrije ruimte rondom de bouwkavels. Het wordt gezien als uitdaging voor de architect en bouwers. Getoetst wordt of er verschillen bestaan in bouwkosten tussen *zeer stedelijke* kantoorlocaties en *niet stedelijke* kantoorlocaties.

- 3) Zeer stedelijke kantoorlocaties hebben hogere bouwkosten per vierkante meter dan niet stedelijke kantoorlocaties.

De vierde hypothese analyseert de relatie tussen de bouwhoogte en opbrengsten. Evans (2004), Chau e.a. (2007) en Arnott & Lewis (1979) tonen allen de relatie aan tussen de opbrengsten, bouwkosten en bouwhoogte. Getoetst wordt of er een verband is tussen de opbrengsten, bouwkosten en bouwhoogte van kantoren in Nederland.

- 4) De bouwhoogte en bouwkosten van kantoren zijn hoger naar mate huurprijzen hoger liggen.

3. Data & methodologie

3.1 Dataverzameling

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van vijf verschillende databronnen. De eerste databron betreft de Basisregistraties Adressen en Gebouwen (BAG). In de BAG zijn van alle gebouwen in Nederland de gemeentelijke basisgegevens terug te vinden. De populatie voor het onderzoek is vastgesteld aan de hand van de *DTZ Office Factsheet 2014*. Middels de *DTZ Office Factsheet* zijn de tien steden geselecteerd met de grootste kantorenvorraad in Nederland (DTZ, 2014). Om een landelijke dekking te krijgen zijn hieraan nog de steden Maastricht en Leeuwarden toegevoegd (bijlage 1a). De twaalf steden tezamen vertegenwoordigen 50,2% van de totale kantorenvorraad. Van de populatie zijn in de BAG de kantoren geselecteerd met een bouwjaar van 1995 en later. Op deze wijze vallen gebouwen die gerealiseerd zijn ten tijde van verouderde bouwmethoden, wet – en regelgeving buiten het onderzoek.

De populatie van twaalf steden kennen totaal 173 kantoorgebouwen van 35 meter of hoger (bouwjaar \geq 1995) (skyscraperpage, 2014). De concentratie van hoogbouw vindt plaats in de vier grote steden Amsterdam, Den Haag, Rotterdam en Utrecht. Respectievelijk 56, 29, 24 en 19 kantoorgebouwen hoger dan 35 meter. Van de 173 kantoorgebouwen hoger dan 35 meter, overschrijden 17 gebouwen de grens van 100 meter. Op een drietal gebouwen na zijn ook deze gebouwen gesitueerd in de vier grote steden Amsterdam, Den Haag, Rotterdam en Utrecht (bijlage 1a). Uit de populatie van twaalf steden wordt een gestratificeerde steekproef getrokken, waarbij de populatie wordt opgedeeld in vijf verschillende hoogteklassen. De bouwhoogtes van alle kantoorgebouwen zijn verkregen vanuit de tweede databron, het Actuele Hoogtebestand Nederland (AHN). Aan elk kantoorobject is vanuit de AHN de bouwhoogte gekoppeld. De vaststelling van de hoogteklassen zijn gebaseerd op verschillende bouwbesluiten met betrekking tot brandveiligheid, deze veranderen bij bepaalde bouwhoogtes en zijn van invloed op de bouwkosten (bijlage 1b). De hoogteklassen variëren van gebouwen tot 13 meter tot en met gebouwen hoger dan 70 meter (**tabel 2**). Uit elke klasse is een willekeurige steekproef getrokken van 40 kantoorgebouwen, resulterend in een steekproef van 200 observaties.

TABEL 2. OVERZICHT HOOGTEKLASSEN

| Hoogteklassen | Aantal verdiepingen |
|-------------------|---------------------|
| tot 13 meter | 3 |
| 13 tot 20 meter | tussen de 3 en 6 |
| 20 tot 50 meter | tussen de 6 en 15 |
| 50 tot 70 meter | tussen de 15 en 20 |
| 70 meter en hoger | 20 en hoger |

Als derde databron wordt gebruik gemaakt van de gemeentelijke bouwvergunning en bijbehorende documentatie zoals bouwtekeningen. De financiële- en oppervlaktegegevens worden verkregen uit de bouwvergunning, de technische aspecten worden afgelezen van de bouwtekeningen. Tot slot is aan elke observatie een kwaliteits- en stedelijkheidsniveau gekoppeld. De mate van stedelijkheid is verkregen vanuit CBS Statline (2014) op buurniveau. Variërend van zeer stedelijk tot niet stedelijk (bijlage 2). De indeling in buurten is vastgesteld door gemeenten zelf en sluit aan op wensen voor

beleidsvorming. Buurten zijn zoveel mogelijk naar homogene bebouwing ingedeeld. De indeling in buurten kan dus afwijken van de postcodegebieden (CBS, 2014).

Om een beeld te krijgen van de kwaliteit van de kantoorlocatie is aan elke observatie een kwaliteitsscore gekoppeld. Deze score is verkregen uit de *Office Location Ranking 2014* van Jones Lang Lasalle (JLL, 2014). De locaties zijn beoordeeld op 57 indicatoren waarbij elke locatie een score krijgt tussen de 0 en 100 procent. De totaalscore van een locatie bestaat uit de gewogen optelling van de onderliggende indicatoren (op bereikbaarheid, leegstand etc.). De posities op de ranglijst zijn onafhankelijk van individuele huurprijzen en meten de kwaliteit van de locatie. Dit betekent in algemene zin wel dat een hogere locatiekwaliteit ook een hogere huurprijs heeft (JLL, 2014). Door de score in de *JLL Office Location Ranking 2014* kan dus een indicatie worden verkregen van de huurprijzen.

3.2 Operationaliseringen

3.2.1 Afhankelijke variabele

De afhankelijke variabele (Y) betreft de bouwkosten per vierkante meter bruto vloeroppervlak. Het gaat om de bouwkosten exclusief BTW die zijn vastgesteld ten tijde van de bouwvergunningsaanvraag. Bouwkosten uit bouwvergunningen van voor 1 januari 2002 in guldens zijn omgerekend naar euro's (f 1,00 = € 0,45). De bouwkosten zijn tot slot geïndexeerd aan de hand van de BDB-index naar peildatum 1-1-2014 (bijlage 3).

3.2.2 Onafhankelijke variabele

De onafhankelijke variabele (X) is de bouwhoogte van het kantoorgebouw in meters. De bouwhoogte is definitief vastgesteld aan de hand van de doorsnedetekening behorende bij de bouwvergunning. Als maximale bouwhoogte geldt de dakrand van het gebouw vanaf het grondpeil. Indien er een kleine dakopbouw aanwezig is wordt deze niet als maximale bouwhoogte beschouwd om vertekening te voorkomen.

3.2.3 Controle variabelen

Er zijn vanuit de wetenschappelijke literatuur zeven controle variabelen (Z) vastgesteld, onderverdeeld in *gebouwaspecten* en *locatieaspecten*. Bij de *gebouwaspecten* wordt het totale bruto vloeroppervlak en het bebouwd oppervlak (footprint) vastgesteld in vierkante meters. Er worden vier constructietypen onderscheiden. Dit betreft de betonconstructie, staalconstructie, beton/staalconstructie en tot slot de traditionele bouwconstructie. De traditionele bouwconstructie betreft een bouwwerk dat op de bouwplaats wordt opgemetseld (kalkzandsteen), er wordt geen gebruik gemaakt van prefab elementen of in het werk gestort beton. Daarnaast wordt er onderscheid gemaakt in een metselwerkgevel, vliesgevel, betongevel en gevelplating. De vliesgevel bestaat uit glazen gevelelementen. Onder gevelbeplating vallen natuursteen-, eterniet- en graniet gevelelementen. Het aantal liftinstallaties wordt vastgesteld aan de hand van de bestektekening, hieronder vallen de personen-, goederen-, en brandweerliftinstallaties. De *Wall-to-Floor ratio* (indicator voor de bouwvorm) kon in praktijk niet worden berekend. Als vervanger is een ordinale meetschaal opgesteld (**tabel 3**).

TABEL 3. OVERZICHT TYPE BOUWVORM

| Bouwvorm | Specificatie | Toelichting |
|------------------|--------------|-----------------------|
| 1 Zeer eenvoudig | 4 hoeken | Vierkant of rechthoek |

VERVOLG TABEL 3. OVERZICHT TYPE BOUWVORM

| | | |
|----------------|--------------|--|
| 2 Eenvoudig | 5 – 7 hoeken | Afwijkende vorm van een vierkant met ronde of schuine gevels |
| 3 Complex | 8 – 9 hoeken | Afwijkende vorm van een vierkant met ronde of schuine gevels |
| 4 Zeer complex | 9 > hoeken | Zeer afwijkende bouwvorm. Hoeken, gecombineerd met ronde en/of schuine gevels. Kantoor met binnenplaats of binnentuinen. |

Voor de *locatieaspecten* is de Ground Space Index (GSI) en de Floor Space Index (FSI) berekend. De GSI geeft de verhouding weer tussen het bebouwd oppervlak en totale kaveloppervlak. De FSI kijkt naar het totale bruto vloeroppervlak op de kavel. Daarnaast biedt de locatie van het kantoorgebouw inzicht in welke regio het is gelegen, te onderscheiden in Noord-, Oost-, Zuid- of West-Nederland (bijlage 1).

3.3 Steekproef

De bruto steekproef van 200 observaties heeft na dataverzameling geleid tot een netto steekproef van 55 observaties (**figuur 4**). Gedurende de dataverzameling bleken diverse observaties uit de steekproef geen (volledig) kantoorgebouw. Eveneens bleken verschillende bouwdoSSIers niet of incompleet te zijn gearchiveerd. Daarnaast zijn de kantoren in Utrecht en Maastricht afgefallen (toelichting in bijlage 4). Uit de netto steekproef is één observatie verwijderd in verband met extreem hoge bouwkosten door de exclusieve architectuur (kantoor ING House, € 2776,- m²/BVO) (bijlage 8 toets op *outliers*).



FIGUUR 4. DE 54 OBSERVATIES IN DE NETTO STEEKPROEF

3.3.1 Representativiteit

Om de representativiteit van de steekproef te toetsen worden er twee variabelen uitgelicht. Enerzijds wordt de verdeling van het aantal cases in de verschillende hoogteklassen weergegeven, anderzijds zijn dit de gemiddelde bouwkosten per vierkante meter. Hierbij wordt een vergelijking gemaakt tussen de steekproef en de populatie.

Vanuit de populatie kan de relatieve verhouding tussen de verschillende hoogteklassen bepaald worden. Deze verhouding is in kaart te brengen door de koppeling van de BAG met het AHN. In **tabel 4** wordt de relatieve verdeling tussen de hoogteklassen in de steekproef vergeleken met de populatie. Zichtbaar is dat het grootste aantal observaties in de klassen 'tot 13 meter' en '20 – 50 meter' toehoren. De grootste afwijking vindt plaats in de hoogste klasse van '70 meter en hoger'.

| | Relatieve verdeling hoogteklassen | | |
|---|-----------------------------------|------------|-------------------------|
| | Steekproef | | Populatie 12 steden (%) |
| | Aantal cases | % | |
| Tot 13 meter | 15 | 28 | 35 |
| 13 – 20 meter | 8 | 15 | 22 |
| 20 – 50 meter | 20 | 37 | 32 |
| 50 – 70 meter | 5 | 9 | 7 |
| 70 meter en hoger | 6 | 11 | 4 |
| | 54 | 100 | 100 |
| Bouwkosten per m ² /BVO (prijspeil 2013) | | | |
| Bouwkosten per m ² | €1135,- | | €1031,- |

In de meest recente editie van *Kantoren in Cijfers 2013* van NVM Business wordt een kengetallen overzicht gegeven van bouwkosten van kantoren. Deze kengetallen zijn gebaseerd op de taxatieboeken van SDU uitgevers. De gemiddelde bouwkosten, genomen over verschillende groottes en bouwhoogtes komen hierbij op €1031,- per vierkante meter BVO (Bak, 2013). De steekproef kent gemiddelde bouwkosten per vierkante meter BVO van €1135,- (prijspeil 2013) (**tabel 4**).

3.4 Beschrijvende analyse

In **tabel 5** wordt een overzicht gegeven van de beschrijvende statistiek van de betreffende variabelen in de netto steekproef. Het biedt inzicht in de minimale, maximale en gemiddelde score en de mediaan en standaard deviatie van alle variabelen. De gemiddelde bouwkosten (prijspeil 2014) zijn €1045,- per vierkante meter BVO. Daarnaast ligt de gemiddelde aanneemsom op €11.904.603,- (prijspeil 2014). De bouwhoogte varieert tussen de 7 en 107 meter, met een gemiddelde van 34 meter en een mediaan van 28 meter.

TABEL 5. BESCHRIJVENDE STATISTIEK VAN VARIABELEN

| | Min. | Max. | Gem. | Mediaan | Std. Deviatie |
|--|---------|-------------|------------|-----------|---------------|
| Aanneemsom excl. BTW (2014) (€) | 337.500 | 101.250.000 | 11.904.603 | 7.277.564 | 1.894.494 |
| Bouwkosten per m² (2014) (€) | 587 | 2012 | 1145 | 1045 | 324 |
| Bouwhoogte (in meter) | 7 | 107 | 34,00 | 28,45 | 25,84 |
| tot 13 meter | 0,00 | 1,00 | 0,29 | 0 | 0,46 |
| 13 - 25 meter | 0,00 | 1,00 | 0,16 | 0 | 0,38 |
| 25 - 35 meter | 0,00 | 1,00 | 0,13 | 0 | 0,34 |
| 35 - 45 meter | 0,00 | 1,00 | 0,09 | 0 | 0,29 |
| 45 - 55 meter | 0,00 | 1,00 | 0,15 | 0 | 0,36 |
| 55 - 65 meter | 0,00 | 1,00 | 0,06 | 0 | 0,23 |
| 65 - 75 meter | 0,00 | 1,00 | 0,02 | 0 | 0,14 |
| 75 - 85 meter | 0,00 | 1,00 | 0,04 | 0 | 0,19 |
| 85 meter en hoger | 0,00 | 1,00 | 0,06 | 0 | 0,23 |
| Bruto vloeroppervlak (m²) | 700 | 102683 | 12986 | 7179 | 17050 |
| Footprint (m²) | 245 | 18966 | 2097 | 1038 | 3156 |
| Liftinstallaties | 0 | 10 | 2,83 | 3 | 2,31 |
| Verdiepingen ondergronds | 0 | 3 | 0,59 | 0 | 0,77 |
| Betonconstructie | 0,00 | 1,00 | 0,66 | 1 | 0,48 |
| Staalconstructie | 0,00 | 1,00 | 0,06 | 0 | 0,23 |
| Staal/betonconstructie | 0,00 | 1,00 | 0,17 | 0 | 0,38 |
| Traditionele bouwconstructie | 0,00 | 1,00 | 0,11 | 0 | 0,32 |
| Metselwerkgevel | 0,00 | 1,00 | 0,46 | 0 | 0,50 |
| Gevelbeplating/panelen | 0,00 | 1,00 | 0,40 | 0 | 0,49 |
| Vliesgevel | 0,00 | 1,00 | 0,07 | 0 | 0,26 |
| Betongevel | 0,00 | 1,00 | 0,07 | 0 | 0,26 |
| Zeer eenvoudige bouwvorm | 0,00 | 1,00 | 0,39 | 0 | 0,49 |
| Eenvoudige bouwvorm | 0,00 | 1,00 | 0,32 | 0 | 0,47 |
| Complexe bouwvorm | 0,00 | 1,00 | 0,20 | 0 | 0,41 |
| Zeer complexe bouwvorm | 0,00 | 1,00 | 0,09 | 0 | 0,29 |
| Ground Space Index* | 0,01 | 1,00 | 0,38 | 0,34 | 0,28 |
| Floor Space Index** | 0,02 | 38,92 | 4,45 | 1,87 | 6,72 |
| West-Nederland | 0,00 | 1,00 | 0,46 | 0 | 0,50 |
| Noord-Nederland | 0,00 | 1,00 | 0,15 | 0 | 0,36 |
| Oost-Nederland | 0,00 | 1,00 | 0,13 | 0 | 0,34 |
| Zuid-Nederland | 0,00 | 1,00 | 0,26 | 0 | 0,44 |

N = 54

* Ground Space Index N = 39 ** Floor Space index N=43

3.4.1 Gebouwaspecten

In tabel 6 wordt een overzicht gegeven van het type constructie bij de verschillende bouwhoogteklassen. Het overgrote deel van de kantoren heeft een betonconstructie. De staalconstructie en traditionele bouwconstructie zijn alleen toegepast voor kantoren lager dan 20 meter.

TABEL 6. BOUWHOOGTE EN TYPE CONSTRUCTIE

| | Beton | | Staal | | Staal + beton | | Traditionele Bouwconstructie | |
|--------------------------|-----------|--------------|----------|--------------|---------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| | Abs. | % | Abs. | % | Abs. | % | Abs. | % |
| Tot 13 meter | 5 | 13,9 | 2 | 66,7 | 3 | 33,3 | 5 | 83,3 |
| 13 - 20 meter | 4 | 11,1 | 1 | 33,3 | 2 | 22,2 | 1 | 16,7 |
| 20 - 50 meter | 18 | 50,0 | 0 | | 2 | 22,2 | 0 | |
| 50 - 70 meter | 4 | 11,1 | 0 | | 1 | 11,1 | 0 | |
| 70 meter en hoger | 5 | 13,9 | 0 | | 1 | 11,1 | 0 | |
| | 36 | 100,0 | 3 | 100,0 | 9 | 100,0 | 6 | 100,0 |

Tabel 7 geeft de verhouding tussen het aantal liften en de bouwhoogte weer. Naar mate de bouwhoogte toeneemt, nemen ook het aantal liftinstallaties toe. Er is sprake van correlatie (bijlage 5). Gebouwen met een bouwhoogte tot 13 meter hebben in sommige gevallen geen lift. Het bouwbesluit stelt een lift vanaf vier verdiepingen verplicht. Twee kantoorgebouwen in de groep 13 – 20 meter hebben geen lift, zij hebben drie bouwlagen, maar vallen echter net in de groep boven de 13 meter (namelijk 15 meter).

TABEL 7. BOUWHOOGTE EN AANTAL LIFTEN

| | Tot 13 meter | | 13 - 20 meter | | 20 - 50 meter | | 50 - 70 meter | | 70 meter en hoger | |
|---------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|----------------------|--------------|
| | Abs. | % | Abs. | % | Abs. | % | Abs. | % | Abs. | % |
| Geen liften | 4 | 26,7 | 2 | 25,0 | 0 | | 0 | | 0 | |
| één lift | 10 | 66,7 | 2 | 25,0 | 0 | | 0 | | 0 | |
| Twee liften | 1 | 6,7 | 3 | 37,5 | 5 | 25,0 | 0 | | 0 | |
| Drie liften | 0 | | 1 | 12,5 | 7 | 35,0 | 1 | 20,0 | 1 | 16,7 |
| ≥Vier liften | 0 | | 0 | | 8 | 40,0 | 4 | 80,0 | 5 | 83,3 |
| | 15 | 100,0 | 8 | 100,0 | 20 | 100,0 | 5 | 100,0 | 6 | 100,0 |

Tabel 8 biedt een overzicht in het type gevel en de bouwhoogte. De kantoren hebben voornamelijk een gevel van traditioneel metselwerk. Het geveltype van panelen en/of beplating wordt zowel voor laag- als hoogbouw toegepast. De vlies- en betongevel worden voornamelijk toegepast vanaf een bouwhoogte van 20 meter en hoger.

TABEL 8. BOUWHOOGTE EN TYPE GEVEL

| | Traditioneel metselwerk | | Panelen / beplating | | Vliesgevel (glas) | | Beton | |
|----------------------|----------------------------|------|------------------------|------|----------------------|------|-------|------|
| | Abs. | % | Abs. | % | Abs. | % | Abs. | % |
| Tot 13 meter | 10 | 40,0 | 5 | 23,8 | 0 | | 0 | |
| 13 - 20 meter | 5 | 20,0 | 3 | 14,3 | 0 | | 0 | |
| 20 - 50 meter | 9 | 36,0 | 6 | 28,6 | 3 | 75,0 | 2 | 50,0 |

VERVOLG TABEL 8. BOUWHOOGTE EN TYPE GEVEL

| | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|--------------|-----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|
| 50 - 70 meter | 1 | 4,0 | 3 | 14,3 | 0 | | 1 | 25,0 |
| 70 meter en hoger | | | 4 | 19,0 | 1 | 25,0 | 1 | 25,0 |
| | 25 | 100,0 | 21 | 100,0 | 4 | 100,0 | 4 | 100,0 |

Tot slot geeft **tabel 9** inzicht in de relatie tussen de bouwvorm en de bouwhoogte. Het merendeel van de zeer eenvoudige bouwvormen heeft slechts een hoogte tot 13 meter. In de categorie met een eenvoudige bouwvorm vertegenwoordigd de hoogte 20 – 50 meter het grootste aandeel. Kantoren met een complexe bouwvorm zijn ook het sterkst vertegenwoordigd in de categorie van 20 – 50 meter. De kantoren met een zeer complexe bouwvorm zijn het minst vertegenwoordigd in de steekproef en zijn voornamelijk terug te vinden in de bouwhoogteklassen 20 – 50 meter en 70 meter en hoger.

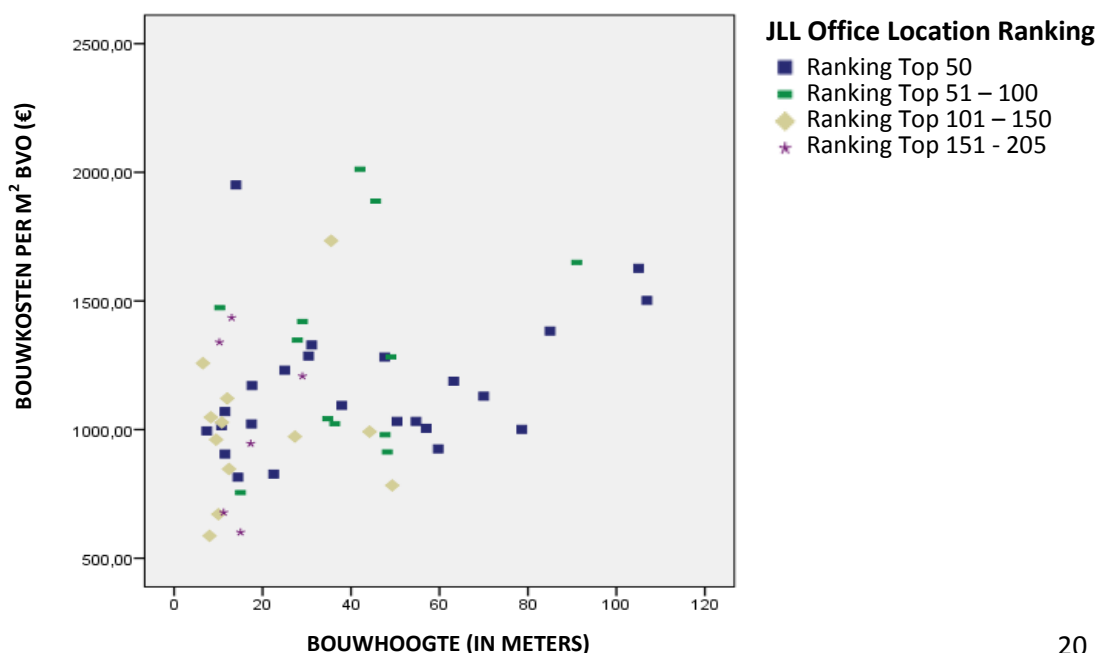
TABEL 9. BOUWHOOGTE EN BOUWVORM

| | Zeer eenvoudig | | Eenvoudig | | Complex | | Zeer complex | |
|-------------------|----------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| | Abs. | % | Abs. | % | Abs. | % | Abs. | % |
| Tot 13 meter | 13 | 61,9 | 2 | 11,8 | 0 | | 0 | |
| 13 - 20 meter | 4 | 19,0 | 2 | 11,8 | 1 | 9,1 | 1 | 20,0 |
| 20 - 50 meter | 2 | 9,5 | 11 | 64,7 | 5 | 45,5 | 2 | 40,0 |
| 50 - 70 meter | 2 | 9,5 | 1 | 5,9 | 2 | 18,2 | 0 | |
| 70 meter en hoger | 0 | | 1 | 5,9 | 3 | 27,3 | 2 | 40,0 |
| | 21 | 100,0 | 17 | 100,0 | 11 | 100,0 | 5 | 100,0 |

3.4.2 Locatieaspecten

Bouwhoogte, bouwkosten & opbrengsten

In **figuur 5** wordt de relatie tussen de bouwkosten en bouwhoogte weergegeven in het spreidingsdiagram, waarbij aan elke observatie de *JLL Office Location Ranking* is gekoppeld. Op deze wijze wordt de verhouding tussen de bouwhoogte, bouwkosten en opbrengsten grafisch weergegeven. Volgens het theoretische model kunnen de hoogste kantoren worden gerealiseerd daar waar de opbrengsten het hoogst zijn (o.a. Evans, 2004 & Chau, 2007).



FIGUUR 5. RELATIE TUSSEN BOUWKOSTEN, BOUWHOOGTE EN OPBRENGSTEN

De grafische weergave (**figuur 5**) toont aan dat de gebouwen met de hoogste bouwhoogte ook gevestigd zijn op de kantoorlocaties met de hoogste kwaliteitsscore (*Top 50*). De kantoren op de kantoorlocaties die lager staan genoteerd in de *JLL Office Location Ranking* hebben eveneens lagere bouwhoogte en veelal ook lagere bouwkosten. In **tabel 10** zijn de verschillen in gemiddelde tussen de vier groepen weergegeven.

TABEL 10. BESCHRIJVENDE STATISTIEK VAN DE VIER GROEPEN UIT DE JLL OFFICE LOCATION RANKING

| | Top 50 | Top 51 – 100 | Top 101 - 150 | Top 151 - 205 |
|--|---------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| Gemiddelde bouwhoogte (meter) | 42,9 m | 39,7 m | 19,5 m | 16,0 m |
| Gemiddelde bouwkosten per m ² | € 1159,- | € 1316,- | € 1000,- | € 1035,- |

Middels de MANOVA (*Multivariate Analysis of Variance*) wordt getoetst of er ook daadwerkelijk significantie verschillen bestaan tussen de vier kantoorlocaties in relatie tot bouwhoogte en bouwkosten per vierkante meter. De MANOVA toetst de nulhypothese dat de waargenomen covarianties van de afhankelijke variabelen gelijk zijn tussen de vier groepen.

De *Box's Test of Equality of Covariance Matrices* (bijlage 6) toont aan dat er een significant verschil is tussen de vier groepen (sig. < 0,10). Uit de *post hoc LSD test* kunnen diverse significante verschillen worden geïnterpreteerd.

De kantoren in *Top 51 – 100* hebben gemiddeld €315,- hogere bouwkosten in vergelijking met kantoren in de *Top 101 – 150*. Het verschil in bouwkosten ligt met 95% betrouwbaarheid tussen de €59,- en €571,- per vierkante meter.

Op het gebied van de bouwhoogte van kantoren zijn drie significante verschillen waarneembaar. De bouwhoogte van kantoren in de *Top 50* liggen gemiddeld 23 meter hoger dan kantoren in de *Top 101 – 150*. Het ware verschil ligt met 95% betrouwbaarheid tussen de 6 en 40 meter. De kantoren in de *Top 50* hebben ook een significant verschil met kantoren uit de *Top 151 – 205*. De bouwhoogte ligt gemiddeld 27 meter hoger, waarbij het ware verschil met 95% betrouwbaarheid tussen de 5 en 49 meter ligt. Tot slot verschillen de kantoren in de *Top 51 – 100* gemiddeld 20 meter in bouwhoogte van de kantoren in de *Top 101 – 150*. Het verschil ligt met 95% betrouwbaarheid tussen de 1 en 40 meter. Overeenkomstig met de wetenschappelijke literatuur liggen de bouwhoogte en bouwkosten hoger op kwalitatief betere kantoorlocaties (Evans, 2004; Chau, 2007; Arnot & Lewis, 1979). Op de kwalitatief goede locaties, waar hoger wordt gebouwd, liggen de grondprijzen doorgaans ook hoger. De hoge grondprijs is een stimulans voor intensiever grondgebruik (Alonso, 1964; Evans, 2004).

Bouwhoogte, bouwkosten & perceelgrootte

Middels de UNIANOVA (*Univariate Analysis of Variance*) wordt getoetst of er verschillen bestaan in bouwkosten tussen verschillende kantoorlocaties, op perceelniveau. De index die de relatie tussen het bebouwd oppervlak en de kavelgrootte weergeeft is de Ground Space Index (GSI). Er blijken significante verschillen te zijn in bouwkosten tussen verschillende Ground Space Indices (bijlage 7)¹. Uit de *Levene's Test* blijkt dat de populatievarianties significant van elkaar verschillen (sig. < 0,01). De *Least Significant Difference Test* toont aan dat kantoren met een GSI tot 25% gemiddeld €533,- lagere

¹ In sectie 1 van §3.4.2 ("*Bouwhoogte, bouwkosten & opbrengsten*") is reeds aangetoond dat er verschillen zijn in de bouwhoogte en bouwkosten op de vier kantoorlocaties. Hierdoor is tevens een toets uitgevoerd op de diverse Ground Space Indices binnen deze vier kantoorlocaties, echter kunnen de toetsen niet (goed) worden uitgevoerd door het gering aantal cases (na opsplitsing in vier kantoorlocaties en vervolgens in vier Ground Space Indices). Er is gebruik gemaakt van de totale dataset.

bouwkosten hebben dan kantoren met een GSI tussen de 75 – 100%. Het ware verschil per vierkante meter ligt met 95% betrouwbaarheid tussen de €198,- en €869,-. De bouwkosten van de kantoren met een GSI tussen de 25 – 50% liggen gemiddeld €492,- lager in vergelijking met de groep GSI 75 – 100%. Het verschil tussen beide groepen ligt tussen de €134,- en €850,-, met 95% betrouwbaarheid.

De FSI (Floor Space Index) geeft een betere indicatie van de bouwintensiteit op het perceel. De FSI biedt inzicht in de relatie tussen de kavelgrootte en het totale bruto vloeroppervlak, waardoor de dimensie hoogte wordt toegevoegd. Hoe hoger de FSI hoe intensiever het perceel is bebouwd, wat resulteert in een hogere bouwhoogte. In totaal kennen 51% van de observaties een FSI tot 2.0. Bij een FSI van 2.0 zijn dus twee keer zoveel vierkante meters gerealiseerd dan het kaveloppervlakte. De gemiddelde bouwkosten per vierkante meter bedragen €1075,-. De 49% observaties met een FSI groter dan 2.0 kennen een gemiddelde bouwkostenprijs per vierkante meter van €1274,- (**tabel 11**).

TABEL 11. BESCHRIJVENDE STATISTIEK VAN DE TWEE FLOOR SPACE INDICES

| | FSI ≤ 2.0 | FSI > 2.0 |
|--|------------------|---------------------|
| Gemiddelde bouwkosten per m ² | € 1075,- | €1274,- |
| Standaard deviatie | 229 | 382 |
| N | 22 | 21 |

Allereerst wordt bepaald met de *Levene's Test* of de standaardfout van de t-toets wordt berekend op basis van de gewogen of ongewogen standaardfouten van beide steekproeven (**tabel 12**). De nulhypothese luidt dat er geen verschil is. Een significantie van 0,013 betekent dat de nulhypothese wordt verworpen (Sig. <0,05 *equal variances not assumed*). De t-waarde bedraagt -2,07 en verschilt significant van nul. De gemiddelde bouwkosten van beide groepen verschillen dus significant (met een betrouwbaarheid van 95%). Uit het betrouwbaarheidsinterval blijkt dat het verschil in bouwkosten per vierkante meter tussen beide groepen tussen de €3,- en €396,- ligt. Dit betekent dat een FSI van 2.0 of hoger resulteert in bouwkosten die gemiddeld tussen de €3,- en €396,- per vierkante meter hoger liggen.

TABEL 12. UITKOMST LEVENE'S TEST EN T-TEST

| | Levene's Test for Equality of Variances | | | | T-test for Equality of Means | | | | |
|-----------------------------|--|------|-------|----|-------------------------------------|-----------------|-----------------------|---|-------|
| | F | Sig. | t | df | Sig. | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | | | | | | | Lower | Upper |
| Equal variances assumed | 6,7 | ,013 | -2,09 | 41 | ,043 | -199,606 | 95,50 | -392,47 | -6,74 |
| Equal variances not assumed | | | -2,07 | 32 | ,047 | -199,606 | 96,58 | -396,23 | -2,98 |

De uitkomsten zijn overeenkomstig met de literatuur (Jong, 2012; Hellenberg Hubar, 2009; Picken & Illozor, 2003). De inrichting van de bouwplaats en het bouwgebied zal complexer worden naar mate de GSI en FSI toeneemt, dit zal resulteren in hogere bouwkosten. Met name bij een hogere bouwhoogte neemt de verhouding tussen de grootte van de bouwplaats en het bouwvolume af. Dit is van invloed op bijvoorbeeld het verticaal transport en aan- en afvoermogelijkheden op de bouwplaats, wat zijn uitwerking heeft op de bouwkosten.

3.5 Methodologie

3.5.1 Meervoudige lineaire regressie analyse

Om de invloed van de bouwhoogte op de bouwkosten te kunnen bepalen wordt gebruik gemaakt van een meervoudige lineaire regressie analyse. Middels de meervoudige lineaire regressie analyse is het mogelijk om de invloed van verschillende variabelen te bepalen. De meervoudige lineaire regressieformule die gebruikt wordt in dit onderzoek luidt als volgt:

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_x X + \beta_z Z + \beta_{xz} XZ + \varepsilon \quad (6)$$

| | | |
|---------------|---|---|
| $\ln Y$ | = | De afhankelijke variabele (natuurlijk logaritme van bouwkosten per m ²) |
| β_0 | = | Constante |
| β_x | = | Parameter voor bouwhoogte |
| X | = | De onafhankelijke variabele (bouwhoogte) |
| β_z | = | Parameters behorende bij controle variabelen (zie tabel 4) |
| Z | = | De onafhankelijke controle variabelen |
| β_{xz} | = | Parameter behorende bij interactie variabele |
| XZ | = | De interactie tussen variabelen X en Z |
| ε | = | Error term |

3.5.2 Assumpties meervoudige lineaire regressie analyse

Voor een lineaire regressie worden vier voorwaarden gesteld, te weten: normaliteit, homoscedasticiteit, lineariteit en geen multicollineariteit tussen de variabelen. De voorwaarden gelden voor de onafhankelijke en afhankelijke ratio variabelen en het regressiemodel als geheel. Alle categorale variabelen (*landsdeel*, *complexiteit bouwvorm*, *type gevel* en *constructie*) zijn getransformeerd naar dummy variabelen.

De **normaliteit** is getoetst met *normal probability plots* en histogrammen (bijlage 8). De ratio variabelen *bruto vloeroppervlak*, *footprint* en *bouwkosten per m²* zijn getransformeerd door het natuurlijk logaritme te nemen. Op deze wijze voldoen de variabelen aan de voorwaarden van normaliteit. Middels spreidingsdiagrammen is inzicht te krijgen in **homoscedasticiteit** en **lineariteit** (bijlage 8). Er is sprake van homoscedasticiteit en lineariteit als de alle punten evenwichtig en willekeurig rondom de nullijn liggen. Aan deze voorwaarden is voldaan.

In het model mag geen sprake zijn van **multicollineariteit**. Als er sprake is van multicollineariteit betekent dit dat twee onafhankelijke variabelen te sterk met elkaar correleren. Het probleem is hierbij dat de variabelen dan hetzelfde meten, dit gegeven zorgt ervoor dat het niet mogelijk is het juiste effect van de variabele vast te stellen.

Middels de *Variance Inflation Factor* test (VIF-test) wordt getoetst voor multicollineariteit. Er is sprake van multicollineariteit bij een correlatie van 0,9 of hoger (Hair e.a., 2010; Vocht, 2011). Een VIF-score van 5.3 staat gelijk aan een correlatie van 0,9 (Hair e.a., 2010). Elke onafhankelijke variabele is los afgezet tegenover alle andere onafhankelijke variabelen om de VIF-score te berekenen (Hair e.a., 2010) (bijlage 8).

Het bruto vloeroppervlak toont met alle variabelen een hoge VIF-score en wordt buiten het model gelaten. Ook de FSI en GSI hebben een te hoge VIF-score, beide variabelen worden uitgesloten van het regressiemodel. Tevens hebben beide variabelen veel *missing cases* wat van invloed is op het aantal vrijheidsgraden. Tot slot hebben de liftinstallaties een hoge VIF-score, ook deze variabelen worden buiten het model gelaten. De footprint heeft een hoge VIF-score maar komt ten goede aan de kwaliteit van het model (stijging adjusted R-square) en wordt in het model gelaten.

Tot slot is de dataset getoetst op **outliers**. *Outliers* zijn observaties die niet goed worden voorspeld door het regressiemodel en hebben afwijkende waarde. Bij een steekproef met minder dan 80 observaties kan een observatie met een standaarddeviatie van 2.5 of groter worden getypeerd als *outlier* (Hair e.a., 2010). Er is uiteindelijk één observatie verwijderd (bijlage 8).

3.5.3 Chow-test

Naast het meervoudige lineaire regressiemodel wordt er tevens een Chow-test uitgevoerd. Middels de Chow-test wordt getoetst of de bouwkosten per vierkante meter verschillen binnen twee groepen (bijlage 9). Er wordt getoetst of er verschillen bestaan tussen kantoren gelegen in *zeer (sterk) stedelijke* kantoorlocaties en kantoren gelegen in *matig (tot niet) stedelijke* locaties. Op deze wijze kan het zijn dat twee afzonderlijke regressies voor beide groepen zorgt voor een beter model dan een combineerde regressie (*pooled*). De nulhypothese (H_0) van de Chow-test luidt: “Er bestaan *geen* verschillen tussen *zeer (sterk) stedelijke* en *matig (tot niet) stedelijke* kantoorlocaties”.

4. Analyse en resultaten

4.1 Meervoudige lineaire regressie analyse

In het onderzoek zijn zes regressiemodellen te interpreteren. Na de lineaire vergelijking tussen de bouwhoogte en bouwkosten (model 1 & 2) wordt in model 3 t/m 5 op basis van het literatuuronderzoek steeds een extra set *gebouw- en locatieaspecten* toegevoegd. Op deze wijze is per groep van determinanten inzichtelijk wat de invloed is op de kwaliteit van het model en dus de mate waarin de determinanten bijdragen aan verklaarde variantie van de bouwkosten. De kwaliteit van het model kan gemeten worden door de R-square. De R-square is een belangrijke indicator die de kwaliteit van het regressiemodel weergeeft. De R-square toont aan hoeveel procent van de verklaarde variantie van Y, statistisch wordt verklaard door de variantie van de X-variabelen. Omdat de R-square geneigd is de daadwerkelijke verklaarde variantie in de populatie te overschatten, met name bij kleine steekproeven met veel onafhankelijke variabelen, vormt de adjusted R-square een betere indicator die hiervoor corrigeert (Vocht, 2011). Op basis van de Chow-test is getoetst of er significante verschillen bestaan tussen kantoorgebouwen in *zeer (sterk) stedelijke locaties* en kantoorgebouwen gelegen in *matig (tot niet) stedelijke kantoorlocaties*. De Chow-test toont aan dat er geen significante verschillen zijn in de bouwkosten tussen de twee stedelijkheidsniveaus² (bijlage 9). Dit betekent dat kan worden volstaan met een *pooled* regressiemodel waarin alle observaties gezamenlijk zijn opgenomen. Als alternatief model is in model 6 de *totale bouwkosten* als afhankelijke variabele gebruikt in plaats van de bouwkosten per vierkante meter.

4.1.1 Modelkwaliteit

Model 1 geeft allereerst de vergelijking tussen de bouwhoogte en bouwkosten (**tabel 14**, p. 26). Er wordt een positief lineair verband aangetoond tussen de bouwkosten en bouwhoogte (sig. < 0,05). Het model kent een adjusted R-square van 9,5% wat gelijk staat aan een correlatie tussen de bouwkosten en bouwhoogte van 0,31. Een correlatie van 0,31, wat de samenhang tussen beide variabelen weergeeft, duidt op een matig sterk verband (Cohen, 1992). Getoetst wordt of de toevoeging van een non-lineaire component leidt tot een beter model. In **tabel 13** wordt na het lineaire model (1) per stap een polynoom (twee- en derde machtscomponent) toegevoegd. Bij een significante verandering betekent het dat er inderdaad sprake is van een kromlijng effect. De uitkomsten van de drie regressiemodellen tonen aan dat er geen significante verandering plaatsvindt bij het toevoegen van een non-lineaire component. Dit betekent dat het kromlijng effect (U-vorm bij tweede machtscomponent, S-vorm bij een derde machtscomponent) niet zorgt voor een significant betere *model fit*. **Figuur 6** (p. 27) visualiseert de lineaire relatie tussen bouwhoogte en bouwkosten. Per strekkende meter bouwhoogte stijgen de bouwkosten per vierkante meter BVO met €4,-, bovenop de constante van €1002,-.

TABEL 13. REGRESSIEMODEL MET TOEVOEGING NON-LINEAIRE COMPONENTEN (Y: BOUWKOSTEN €/M², X: BOUWHOOGTE)

| Model | R | R square | Adj. R square | Std. error of the estimate | Change Statistics | | | | |
|-----------------|------|----------|---------------|----------------------------|-------------------|----------|-----|-----|---------------|
| | | | | | R square change | F Change | Df1 | Df2 | Sig. F Change |
| 1 ^a | ,334 | ,112 | ,095 | 308,19 | ,112 | 6,546 | 1 | 52 | ,013 |
| 1A ^b | ,336 | ,113 | ,078 | 311,01 | ,001 | ,061 | 1 | 51 | ,807 |
| 1B ^c | ,402 | ,161 | ,111 | 305,42 | ,048 | 2,88 | 1 | 50 | ,096 |

^a: x^1 ^b: $x^1 + x^2$ ^c: $x^1 + x^2 + x^3$

² F-value: 0,795, bij een kritieke F-waarde van 1,65 (5% significantie niveau) (zie bijlage 9)

TABEL 14. REGRESSIEMODELLEN 1 T/M 6

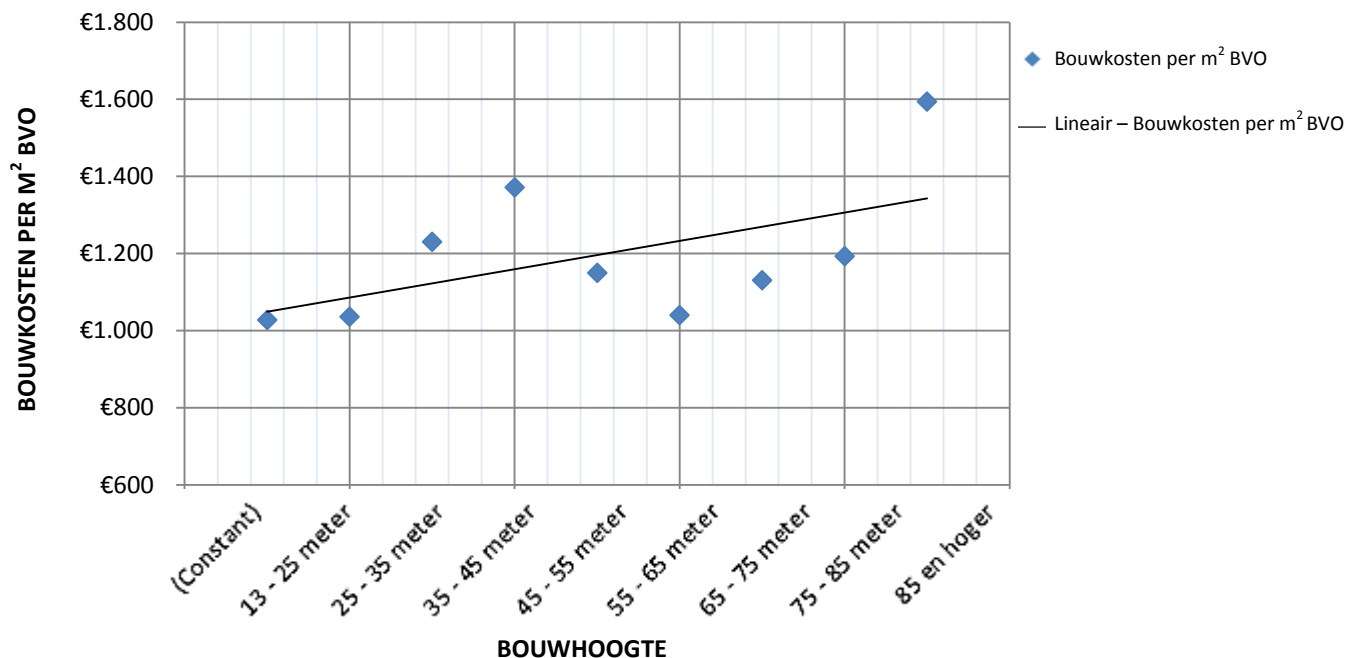
| | Model 1 ^a | | | Model 2 ^b | | | Model 3 ^b | | | Model 4 ^b | | | Model 5 ^b POOLED | | | Model 6 ^c ALTERNATIEF | | |
|---------------------------------------|----------------------|-----|---------|----------------------|-----|--------|----------------------|-----|--------|----------------------|-----|--------|--------------------------------|-----|--------|-------------------------------------|-----|--------|
| | B | sig | (Se) | B | sig | (Se) | B | sig | (Se) | B | sig | (Se) | B | sig | (Se) | B | Sig | (Se) |
| (Constant) | 1002,257 | *** | (69,72) | 6,902 | *** | (,066) | 6,776 | *** | (,284) | 7,097 | *** | (,314) | 7,779 | *** | (,319) | 9,539 | *** | (,648) |
| Bouwhoogte (m) | 4,192 | ** | (1,63) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 - 25 meter | | | | -,015 | | (,110) | | | | | | | | | | | | |
| 25 - 35 meter | | | | ,204 | * | (,120) | | | | | | | | | | | | |
| 35 - 45 meter | | | | ,276 | ** | (,136) | | | | | | | | | | | | |
| 45 - 55 meter | | | | ,111 | | (,115) | | | | | | | | | | | | |
| 55 - 65 meter | | | | ,039 | | (,167) | | | | | | | | | | | | |
| 65 - 75 meter | | | | ,128 | | (,273) | | | | | | | | | | | | |
| 75 - 85 meter | | | | ,168 | | (,199) | | | | | | | | | | | | |
| 85 meter en hoger | | | | ,470 | *** | (,167) | | | | | | | | | | | | |
| Bouwhoogte (m) (log) | | | | | | | ,109 | * | (,056) | ,106 | * | (,060) | ,137 | ** | (,063) | 1,03 | *** | (,127) |
| Eén laag ondergronds | | | | | | | ,031 | | (,092) | -,038 | | (,091) | -,061 | | (,079) | ,255 | | (,160) |
| Twee lagen ondergronds | | | | | | | ,295 | ** | (,119) | ,293 | ** | (,117) | ,185 | * | (,104) | ,600 | *** | (,211) |
| Drie lagen ondergronds | | | | | | | ,197 | | (,278) | ,134 | | (,270) | ,159 | | (,234) | ,552 | | (,476) |
| Footprint (log) | | | | | | | -,024 | | (,039) | -,059 | | (,040) | -,109 | *** | (,038) | ,474 | *** | (,077) |
| Staal/Traditioneel* hoogte < 20 meter | | | | | | | | | | -,275 | ** | (,118) | -,268 | ** | (,101) | -,261 | | (,205) |
| Vliesgevel * hoogte | | | | | | | | | | -,005 | | (,037) | ,009 | | (,033) | ,000 | | (,066) |
| Metselwerkgevel * hoogte | | | | | | | | | | ,013 | | (,026) | ,015 | | (,023) | ,008 | | (,046) |
| Betongeveld * hoogte | | | | | | | | | | -,074 | ** | (,036) | -,023 | | (,035) | ,008 | | (,071) |
| Noord-Nederland * hoogte | | | | | | | | | | ,085 | ** | (,033) | ,033 | | (,031) | -,076 | | (,063) |
| Oost-Nederland * hoogte | | | | | | | | | | -,056 | | (,039) | -,061 | * | (,034) | -,037 | | (,070) |
| Zuid-Nederland * hoogte | | | | | | | | | | -,009 | | (,026) | -,020 | | (,023) | -,056 | | (,046) |
| Zeer eenvoudige bouwvorm * hoogte | | | | | | | | | | | | | -,175 | *** | (,041) | -,207 | ** | (,083) |
| Eenvoudig * hoogte | | | | | | | | | | | | | -,121 | *** | (,035) | -,142 | * | (,071) |
| Complexe bouwvorm * hoogte | | | | | | | | | | | | | -,107 | *** | (,037) | -,081 | | (,075) |
| R-square | 0,112 | | | 0,230 | | | 0,234 | | | 0,435 | | | 0,621 | | | 0,930 | | |
| Adj. R-square | 0,095 | | | 0,093 | | | 0,154 | | | 0,269 | | | 0,471 | | | 0,903 | | |
| F-Value | 6,546 | | | 1,681 | | | 2,932 | | | 2,626 | | | 4,147 | | | 33,76 | | |

^a: Y= Bouwkosten per m² (€), ^b Y= Bouwkosten per m² (log), ^c Y= Totale Bouwkosten (log) (N = 54)

*, **, ***: 10%, 5% en 1% significantie niveau

Referentie categorieën: Bouwhoogte lager dan 13 meter, nul lagen ondergronds, beton/staal-betonconstructie > 20meter, gevelbeplating/panelen en West-Nederland, zeer complexe bouwvorm.

In *model 2* wordt de bouwhoogte opgesplitst in acht verschillende hoogteklassen (**tabel 14**). Op deze wijze is beter inzichtelijk wat voor stijging de bouwkosten doormaakt als de bouwhoogte stijgt. In het model zijn drie variabelen significant³. De bouwkosten voor een kantoorgebouw tussen de 25 - 35 meter liggen 22,6% hoger dan een kantoorgebouw met een bouwhoogte tot 13 meter. Bij een bouwhoogte van 35 - 45 meter liggen de bouwkosten per vierkante meter 31,8% hoger dan een kantoor met een bouwhoogte tot 13 meter. Tot slot liggen de bouwkosten per vierkante meter van een kantoorgebouw hoger dan 85 meter, 60% hoger dan een kantoorgebouw met een bouwhoogte tot 13 meter. De adjusted R-square is licht gedaald van 10,7% naar 9,3%. In **figuur 6** staat naast de positief lineaire relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten, de stapsgewijze functie. Zichtbaar is een S-vormige relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten. Dit verband kan echter niet volledig statistisch worden bevestigd. Mogelijk is door het gering aantal cases de spreiding te groot. In de volgende modellen wordt alleen de variabele *bouwhoogte (log)* opgenomen in plaats van de aparte bouwhoogteklassen.



FIGUUR 6. VISUELE WEERGAVE VAN DE RELATIE BOUWHOOGTE EN BOUWKOSTEN (R^2 LINEAIR: 0,112)

In *model 3* worden twee *ruimtelijk-visuele* variabelen toegevoegd, dit zijn naast de bouwhoogte het aantal verdiepingen ondergronds en de grootte van de footprint. De adjusted R-square stijgt met 6,1% naar een totaal van 15,4%. Dit betekent dat 15,4% van de variantie van de bouwkosten per vierkante meter wordt verklaard door de variantie van de meegenomen *ruimtelijk-visuele* variabelen.

De *technische-* en *locatieaspecten* worden toegevoegd in *model 4*. Naast de gevel- en constructietypen zijn dit de landsdelen. De adjusted R-square neemt toe tot 26,9%. De technische- en locatieaspecten zorgen voor 11,5% extra verklaring in de bouwkosten per vierkante meter. Het

³ Interpretatie ratio en dummy variabelen: $Y = (e^{\beta_1} - 1) * 100$;

Interpretatie log variabelen: $Y = (1.01^{\beta_1} - 1) * 100$;

Waarbij $e = 2,718$ (grondgetal voor natuurlijk logaritme)

toevoegen van de vier *JLL Office Location* groepen als alternatief voor locatieaspecten geven geen significant effect, daarnaast daalt in dit geval de adjusted R-square naar 18,4% (bijlage 10).

Model 5 wordt gecomplementeerd met de *functionele aspecten*, welke verband houden met het ontwerp en de complexiteit van het bouwwerk. De adjusted R-square neemt hierdoor toe met 20,2% naar een totaal van 47,1%. Dit betekent dat het ontwerp en de complexiteit van het bouwwerk zorgt voor 20,7% extra verklaring van de bouwkosten per vierkante meter, waarmee het de grootste invloed heeft op de bouwkosten. Een adjusted R-square van 47,1% duidt op een sterk verband (Cohen, 1992). Middels de gestandaardiseerde regressiecoëfficiënten is het mogelijk de relatieve invloed van de onafhankelijke variabelen onderling te kunnen vergelijken. Uit de gestandaardiseerde regressiecoëfficiënten blijkt dat het relatieve belang van de bouwvorm het grootst is, gevolgd door de footprint en de bouwhoogte (bijlage 11). In het model is geen sprake van autocorrelatie, de Durbin-Watson bedraagt 2,4 (bijlage 11).

Als alternatieve regressie analyse geeft *model 6* inzicht in de relatie tussen de *totale bouwkosten* en de diverse variabelen. De adjusted R-square heeft een totaal van 90,3%, dit duidt op een zeer sterk verband (Cohen, 1992). De gestandaardiseerde regressiecoëfficiënten tonen aan dat de bouwhoogte en de footprint beide de grootste relatieve invloed hebben op de totale bouwkosten (bijlage 12). Het blijkt dat het relatieve belang van de bouwhoogte op de totale bouwkosten 1,7 keer groter is dan die van de footprint. Het feit dat de bouwhoogte en de footprint beide een groot relatief belang vertonen is te verklaren door het feit dat een hoger en groter gebouw zal resulteren in hogere totale bouwkosten.

4.1.2 Resultaten

In *model 5* staan de resultaten van het *pooled* regressiemodel weergegeven (**tabel 14**). In totaal zijn acht variabelen significant. Een significante variabele betekent dat het effect van de betreffende variabele op de onafhankelijke variabele geldig is voor de hele populatie, met een waarschijnlijkheid van 90% tot 99% (afhankelijk van het significantieniveau).

De bouwhoogte heeft een significante invloed op de bouwkosten per vierkante meter. Bij een stijging van 1% in de bouwhoogte, stijgen de bouwkosten per vierkante meter met 0,137%. De resultaten komen overeen met de onderzoeken van Tregenza (1972), Jarle & Pöyhönen (1969) en Steyert (1972) waarbij een positief lineair verband tussen de bouwhoogte en bouwkosten per vierkante meter wordt verondersteld. De kosten voor de installaties en constructie hebben een sterke relatie met de bouwhoogte en zorgen voor een kostenstijging (Lau & Yam, 2007; Oss, 2007 en Koeskoulas & Koehn, 1974).

De regressieanalyse toont aan dat het aantal ondergrondse bouwlagen een positieve invloed heeft op de bouwkosten per vierkante meter. Een kantoorgebouw met twee ondergrondse bouwlagen heeft 20,3% hogere bouwkosten per vierkante meter dan een kantoorgebouw zonder ondergrondse bouwlagen. Dit resultaat is overeenkomstig met de literatuur, waarbij Li e.a. (2005) ondergrondse verdiepingen typeren als bouwkosten determinant. Daarnaast blijkt de aanwezigheid van ondergrondse bouwlagen inderdaad "*an expensive alternative*" (Ashworth, 1994). Ondergronds bouwen vergt extra constructieve eisen.

De grootte van de footprint heeft een negatieve invloed op de bouwkosten. Als de footprint met 1% stijgt, nemen de bouwkosten met 0,1% af. Bij een stijging van 25% nemen de bouwkosten per

vierkante meter af met 2,5%. Dit resultaat komt overeen met het onderzoek van Sonmez (2004), waarbij een stijging van de footprint van 25% leidt tot een afname van ongeveer 2,7% van de bouwkosten per vierkante meter. De verklaring hiervoor is mogelijk dat de indirecte kosten per vierkante meter dalen, omdat het bouwproject groter is (Sonmez, 2004). Daarnaast wordt ook de *wall-to-floor ratio* gunstiger, wat resulteert in een efficiëntere bouwvorm.

Het type constructie betreft een interactie variabele⁴ met de bouwhoogteklassen lager dan 20 meter. Een kantoorgebouw met een *staal-* of *traditionele bouwconstructie* tot 20 meter, heeft 14,5% lagere bouwkosten dan een kantoorgebouw met *beton-* dan wel de combinatie *beton/staalconstructie* (met een bouwhoogte hoger dan 20 meter). De resultaten zijn niet goed vergelijkbaar met het onderzoek van Li e.a. (2005) waarbij onderscheid wordt gemaakt in staal- en betonconstructies. In het onderzoek van Li e.a. (2005) heeft de bouwhoogte bij kantoorobjecten met een staalconstructie een positieve invloed op de bouwkosten. Bij een betonconstructie heeft de bouwhoogte een negatieve invloed op de bouwkosten.

Uit de interactie variabele tussen kantoren in Oost-Nederland en de bouwhoogte blijkt dat een stijging van de bouwhoogte met 1%, resulteert in 0,08% hogere bouwkosten per vierkante meter. Dit in vergelijking met de referentiegroep West-Nederland. Het resultaat komt overeen met het onderzoek van Johnson (2002) waarin regionale kostenverschillen voorkomen in het Verenigd Koninkrijk. De uitkomst is enigszins opmerkelijk, de bouwkosten liggen door bijvoorbeeld de loonkosten, in Oost-Nederland lager dan in West-Nederland (bijlage 13). Mogelijk bevat de dataset een aantal dure kantoorgebouwen in Oost-Nederland waardoor een vertekend beeld ontstaat.

Het ontwerp van het kantoorgebouw is van invloed op de bouwkosten per vierkante meter. Een *zeer* eenvoudige bouwvorm heeft bij een stijging van 1% van de bouwhoogte, -0,038% lagere bouwkosten per vierkante meter dan *zeer* complexe kantoorgebouwen. Opmerkelijk is dat de bouwkosten van zowel de eenvoudige als complexe bouwvormen een stijging laten zien van respectievelijk 0,016% en 0,03% bij een toename van 1% in bouwhoogte, ten opzichte van *zeer* complexe bouwvormen. De resultaten komen gedeeltelijke overeen met de literatuur waarin wordt gesteld dat de complexiteit van het gebouw zorgt voor hogere bouwkosten (Banks, 1974; Brandon, 1978, Kouskoulas & Koehn, 1974). Enkel de *zeer* eenvoudige bouwvormen tonen ook daadwerkelijk lagere bouwkosten per vierkante meter ten opzichte van *zeer* complexe bouwvormen. De eenvoudige en complexe bouwvormen blijken juist hogere bouwkosten per vierkante meter te hebben dan *zeer* complexe bouwvormen, hetgeen opmerkelijk is. Mogelijk veroorzaakt de bouwhoogte meer schaalvoordelen voor *zeer* complexe bouwvormen ten opzichte van eenvoudige of complexe bouwvormen.

4.2 Hypothesen

In deze paragraaf worden de vier hypothesen besproken naar aanleiding van de beschrijvende analyse en statistische toetsing.

Hypothese 1

H₀: De relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten betreft geen U-vormige relatie.

H₁: De relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten betreft een U-vormige relatie.

⁴ Interpretatie *bèta*'s van interactie variabelen: $\beta_{\text{totaal}} = \beta_1 + (\beta_3 * X_2)$ (Hair e.a., 2010)

Uit de meervoudige regressie analyse (model 1) is gebleken dat de relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten van kantoren in Nederland een positief lineair verband is. De nulhypothese waarbij geen U-vormige relatie wordt verondersteld wordt niet verworpen. De toevoeging van een tweede- en derde machtscomponent, waarmee mogelijk een non-lineaire relatie kon worden aangetoond, heeft niet geleid tot een significant beter model. De relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten betreft een positief lineair verband.

Hypothese 2

*H₀: Bouwkavels met een grotere GSI hebben **geen** hogere bouwkosten per vierkante meter.*

H₁: Bouwkavels met een grotere GSI hebben hogere bouwkosten per vierkante meter.

Uit de *Levene's Test* blijkt dat de populatievarianties van verschillende GSI's significant van elkaar verschillen (sig. < 0,01). De nulhypothese wordt dan ook verworpen, met 99% betrouwbaarheid. Kantoren met een GSI tot 25% hebben gemiddeld €533,- lagere bouwkosten dan kantoren met een GSI tussen de 75 - 100%. Het ware verschil tussen beide groepen ligt tussen de €198,- en €869,-, met 95% betrouwbaarheid. Ook de bouwkosten van de kantoren met een GSI tussen de 25 – 50% liggen gemiddeld €492,- lager in vergelijking met de groep GSI 75 - 100%. Het ware verschil tussen beide groepen ligt tussen de €134,- en €851,-, met 95% betrouwbaarheid.

Eveneens is getoetst of een hogere FSI leidt tot hogere bouwkosten. Er blijken significante verschillen tussen de groepen met een FSI kleiner dan 2.0 en groter dan 2.0 (Sig. <0,05). Uit het betrouwbaarheidsinterval blijkt dat kantoren met een FSI groter dan 2.0 tussen de €3,- en €396,- hogere bouwkosten per vierkante meter hebben (met een betrouwbaarheid van 95%). Hetgeen overeenkomstig is met het positief lineaire verband tussen de bouwhoogte en bouwkosten.

Hypothese 3

*H₀: Er is **geen** verschil in bouwkosten per vierkante meter tussen zeer stedelijke kantoorlocaties en niet stedelijke kantoorlocaties.*

H₁: Er is verschil in bouwkosten per vierkante meter tussen zeer stedelijke kantoorlocaties en niet stedelijke kantoorlocaties.

Aan de hand van de Chow-test is getoetst of er verschillen zijn in de bouwkosten per vierkante meter tussen kantoren in *zeer stedelijke* en *niet stedelijke* locatie. De nulhypothese wordt niet verworpen, er bestaan geen significante verschillen in bouwkosten tussen *zeer stedelijke* en *niet stedelijke* locaties. De uitkomst is enigszins opmerkelijk. Over het algemeen hebben kantoren in zeer stedelijke kantoorlocaties een hogere GSI, wat resulteert in hogere bouwkosten (hypothese 2). Mogelijk is de ruimte op perceelniveau belangrijker van aard dan de stedelijkheid van de kantoorlocatie.

Hypothese 4

*H₀: De bouwhoogte van kantoren is **niet** hoger naar mate huurprijzen hoger liggen.*

H₁: De bouwhoogte van kantoren is hoger naar mate huurprijzen hoger liggen.

Uit de *Box's Test of Equality of Covariances* blijkt dat er significante verschillen bestaan tussen de vier categorieën van kantoorlocaties (Sig. < 0,10). Zo blijken kantoren op kwalitatief betere locaties hogere bouwhoogten en bouwkosten te hebben in vergelijking met kantoorlocaties die kwalitatief lager scoren. Het kwaliteitsniveau is tevens een maatstaf voor de huurprijs, waardoor geconcludeerd kan worden dat de bouwhoogte inderdaad hoger is naar mate de huurprijzen hoger liggen.

5. Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk wordt de centrale vraagstelling van dit onderzoek beantwoord. Afsluitend wordt een evaluatie van het onderzoek uiteengezet waarna enkele aanbevelingen worden gedaan voor vervolgonderzoek.

5.1 Conclusie

In dit onderzoek is de relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten van kantoren in Nederland nader onderzocht. De centrale vraagstelling van het onderzoek luidde: *“Welke relatie kan worden gevonden tussen de bouwhoogte en bouwkosten van kantoorgebouwen in Nederland?”*. Uit de wetenschappelijke literatuur komen verschillende gebouw- en locatieaspecten naar voren die van invloed zijn op de bouwkosten en bouwhoogte van kantoren. De relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten lopen in de verschillende onderzoeken uiteen. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat de relatie tussen de bouwhoogte en bouwkosten een positief lineair verband betreft. Bij een stijging van 1% in de bouwhoogte, stijgen de bouwkosten per vierkante meter met 0,137%. Het blijkt dat het relatieve belang van de bouwvorm het grootst is, gevolgd door de footprint en de bouwhoogte. Diverse aspecten kunnen worden benoemd die aan de kostenstijging ten grondslag liggen. Door het toenemende gewicht van bovenliggende verdiepingen en de toenemende belasting van de wind op het gebouw nemen de funderings- en constructiekosten toe. De draagconstructie van het bouwwerk zal zwaarder en duurder worden als de bouwhoogte stijgt. Door een hogere bouwhoogte zullen ook het aantal liftinstallaties toenemen, doorgaans een grote kostenpost. Daarnaast nemen ook de kosten voor klimaatinstallaties toe, waarbij schachten en kanalen voor luchtbehandeling steeds groter en langer worden, wat een kostenverhogend effect heeft. Eveneens zullen op het gebied van watertoevoer steeds zwaardere hydrofoorinstallaties noodzakelijk zijn om het water de hoogte in te pompen. Dit geldt tevens voor verwarmingsinstallaties met groter en zwaarder wordende pompen.

Naast het positief lineaire verband toont de stapsgewijze functie tussen de bouwhoogte en bouwkosten een meer S-vormige relatie (niet statistisch significant). Met name de sterke daling in de bouwkosten per vierkante meter tussen de 55 – 65 meter is opmerkelijk. Mogelijk ontstaan er tot een zekere bouwhoogte schaalvoordelen waardoor bouwkosten per vierkante meter kunnen dalen. De sterkte van de kostendaling lijkt echter niet realistisch. Een voorbeeld van een schaalvoordeel zijn de kosten voor de dakconstructie. Als het bruto vloeroppervlak toeneemt in de hoogte, zullen de kosten per vierkante meter BVO voor de dakconstructie dalen (bij een gelijkblijvend dakoppervlak). Dit voordeel is echter niet oneindig. Bij hogere bouwhoogtes zullen bijvoorbeeld kraaninstallaties voor gevelbewassing noodzakelijk zijn, dit vergt hogere constructieve eisen. Hetgeen resulteert in hogere bouwkosten per vierkant meter. De sterke stijging in bouwkosten bij gebouwen hoger dan 85 meter wordt, naast de eerste genoemde aspecten, mogelijk ook veroorzaakt door de zware brandveiligheidseisen die gelden vanaf 70 meter en hoger.

De genoemde kostenverhogende facetten bij hogere bouwhoogtes zijn eveneens van invloed op de verhouding tussen het verhuurbaar vloeroppervlak (VVO) en het bruto vloeroppervlak (BVO). Naarmate de hoogte en de grootte toeneemt, neemt het constructie- en installatieoppervlak toe. De VVO/BVO verhouding wordt steeds ongunstiger naar mate de bouwhoogte stijgt. Dit betekent dat hoogbouw uiteindelijk per netto verhuurbaar vloeroppervlak steeds duurder wordt. Om te

corrigeren voor de inefficiëntie tussen de bouwkosten voor het bruto vloeroppervlak en opbrengsten van het netto verhuurbaar vloeroppervlak zullen hogere huurprijzen noodzakelijk zijn. Om deze hoge huurprijs te kunnen realiseren zal ook het kwaliteitsniveau van het kantoorgebouw hoog moeten zijn, zodat de huurder bereid is deze prijs te betalen. Samenvattend leidt hoger bouwen tot hogere bouwkosten, wat voor de financiële haalbaarheid zal moeten resulteren in hogere huurprijzen. Anderzijds is de mogelijkheid om hogere huurprijzen te kunnen realiseren een stimulans om hoger te bouwen. Voor een ontwikkelaar is het van belang de optimale bouwhoogte te vinden, waarbij de uiteindelijke opbrengsten de bouwkosten overtreffen met het gewenste rendement.

5.2 Evaluatie en aanbevelingen

Voor dit onderzoek zijn verschillende databronnen geraadpleegd. De steekproef is getrokken uit de Basis Registraties Gebouwen (BAG), met een koppeling aan het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN). De gekoppelde bouwhoogtes, waarop de steekproef is gebaseerd, bleken niet volledig juist. Veel gebouwen uit de BAG waren daarnaast niet altijd (volledige) kantoorgebouwen, hierdoor zijn veel cases uit de steekproef afgevallen. De aanvullende gegevens zijn verzameld uit de bouwvergunningen bij de verschillende gemeenten. Het proces van dataverzameling is soms moeizaam verlopen, met name bij hoge en grote kantoorgebouwen. Dit zijn doorgaans grote dossiers bestaande uit tientallen dozen, waarbij ook geregeld gegevens ontbraken of niet waren gearchiveerd. Ook door dit gegeven zijn kantoorgebouwen afgevallen. De perceeloppervlaktes zijn via het Kadaster verkregen, ook hierbij is een kritische noot te plaatsen. Sommige kaveloppervlaktes bleken bijvoorbeeld kleiner te zijn dan de footprint van het gebouw, hetgeen niet kan in de praktijk. Mogelijk betekent dit dat het gebouw op verschillende percelen staat. Ook waren diverse adressen door het Kadaster niet terug te vinden, wat resulteerde in incomplete data. De gegevens uit de BAG van de gebouwomtrek en de footprint bleken eveneens niet altijd kloppend. Aan de hand van de gebouwomtrek en bouwhoogte kan in principe de *Wall-to-Floor ratio* berekend worden. In de praktijk bleken de gegevens niet juist. Door deze obstakels is het onderzoek uitgevoerd op een relatief kleine dataset. Omdat de data in eerste instantie weinig kantoren van 40 meter en hoger bevatte zijn selectief enkele hoogbouw kantoren toegevoegd (elf kantoren). Op deze wijze is de representativiteit voor hogere gebouwen verhoogd.

Vervolgonderzoek – Dataverzameling

Voor vervolgonderzoek is het aan te raden te werken met een grotere dataset. Met name kantoren hoger dan 50 meter dienen dan beter vertegenwoordigd te zijn. Mogelijk wordt de manier van data verzamelen via de gemeentelijke bouwvergunningen in de nabije toekomst eenvoudiger. Diverse gemeenten werken aan de digitalisering van de bouwarchieven. Daarnaast worden de huidige omgevingsvergunningen (voormalige bouwvergunningen), sinds 1 oktober 2010 digitaal ingediend. Door deze ontwikkelingen zullen gemeenten ook minder terughoudend reageren bij het verzoek tot inzage. Bij het gebruik van de ingediende bouwplannen dient wel rekening te worden gehouden met een afwijking van de daadwerkelijke bouwkosten. Bij het aanvragen van de bouwvergunning zal een zo laag mogelijk bedrag worden ingediend in verband met de te betalen leges.

Het gebruik van de bouwvergunningen is een methodiek waarbij op een centraal punt (de betreffende gemeente) de dataverzameling kan plaatsvinden. Om een beter beeld te krijgen van de daadwerkelijke bouwkosten en bijkomende kosten zal contact, met bijvoorbeeld bouwaannemers en/of ontwikkelaars, noodzakelijk zijn.

Vervolgonderzoek – Locatieaspecten

In dit onderzoek is de mate van stedelijkheid op buurtniveau gebruikt. In vervolgonderzoek is het raadzaam te kijken naar de omgeving van het bouwwerk tijdens het bouwen. Op deze wijze kan exacter worden geanalyseerd wat het effect is van de bebouwingsdichtheid tijdens het bouwproces op de bouwkosten. Aspecten die hierbij een rol spelen zijn bijvoorbeeld de bouwplaatskosten of de mogelijkheid (ruimte) voor montage van prefab bouwelementen. De bebouwingsdichtheid zal op beide aspecten een invloed hebben. Een ander belangrijk punt hierbij kan zijn of er tijdens de bouw de mogelijkheid is het bouwterrein uit te breiden op naastgelegen percelen, iets wat in de praktijk niet altijd toegestaan is. Additionele kosten, zoals precario, tijdelijke parkeervoorzieningen en/of tijdelijke huur van grond zijn allen belangrijke sterk locatiegebonden invloedsfactoren. Deze gegevens staan niet in de bouwvergunning genoteerd.

Naast de bovengrondse activiteiten op en rond de bouwplaats zullen de naastgelegen bouwwerken van invloed zijn op de funderingswerkzaamheden en/of onderkeldering. Door grondverzet zal de bodemgesteldheid veranderen, hierdoor is het belangrijk de naastgelegen bouwwerken in ogenschouw te nemen. Een gegeven dat het bouwproces complexer en duurder kan maken. Tot slot verschilt de bodemsamenstelling in Nederland. Zowel de bodemsamenstelling als de diepte van de draagkrachtige laag zullen van invloed zijn op de funderingskosten.

Vervolgonderzoek – Betrokken actoren

Bij het bouwproces zijn diverse actoren betrokken. Te denken valt aan de architect, constructeur, ontwikkelaar en aannemer. Wat voor invloed heeft bijvoorbeeld de architect op de bouwkosten? Door het beperkt aantal observaties in het onderzoek zijn veel individuele architecten in de database opgenomen, hierdoor is het niet mogelijk verschillende bouwwerken van architect A met bouwwerken van architect B te vergelijken. Gegevens van andere actoren zijn niet altijd aanwezig in de bouwdoSSIERS.

Vervolgonderzoek – Aanbestedingsvormen

Een ander interessant aspect is mogelijk het type aanbesteding van het bouwproject. In Nederland kennen we diverse vormen van aanbesteding, welke met name bij grotere bouwprojecten aan de orde zijn. De aanbesteding van een project is in veel gevallen de laatste stap in de voorbereidingsfase waarin de definitieve prijs wordt bepaald. Wat voor effect hebben de verschillende aanbestedingsvormen op de bouwkosten. Het type aanbesteding staat niet genoteerd in de bouwvergunning.

Vervolgonderzoek – Relatie bouwhoogte, bouwkosten en huuropbrengsten

Een laatste suggestie voor vervolgonderzoek betreft de relatie tussen de bouwhoogte, bouwkosten en opbrengsten. In dit onderzoek is gebruikt gemaakt van een rangscore die een indicatie geeft van de huurprijs op locatieniveau. Hierbij is geen rekening gehouden met het bouwjaar, maar is gebruik gemaakt van de jaargang van het JLL rapport uit 2014. In vervolgonderzoek zou specifiek onderzoek gedaan kunnen worden naar de optimale relatie tussen de bouwhoogte, bouwkosten en huuropbrengsten op objectniveau.

6. Literatuur

Alonso, W., 1964. *Toward a General Theory of Land Rent by William Alonso*. London: Harvard University Press: Oxford University Press.

Arnott, R. & Lewis, F., 1979. The Transition of Land to Urban Use. *Journal of Political Economy*, 1(87), pp. 161 - 169.

Ashworth, A., 1994. *Cost Studies of Buildings*. 2nd red. Harlow: Addison Wesley Longman.

Bak, R., 2013. *Kantoren in cijfers 2013*, Amsterdam: NVM.

Barr, J., 2012. Skyscraper Height. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 43(3), pp. 723 - 753.

Bathurst, P. & Butler, D., 1980. *Buildings cost control techniques and economics*. 2nd red. London: Heinemann.

Bird Invest BV, 2014. *Kengetallen deel 3 - De betekenins van vormfactoren*, Dronten: Bird Invest.

Bouwkostenkompas, 2015. *Bouwkostenkompas*. [Online]
Available at: <http://www.bouwkostenkompas.nl/Index/Region.aspx>
[Geopend 23 februari 2015].

Brandon, P., 1978. A framework for cost exploration and strategic cost planning in design. *Chartered Surveyor Building and Quantity Surveying Quarterly*, 5(4), pp. 60-63.

CBS Statline, 2014. *Centraal Bureau voor de Statistiek*. [Online]
Available at: <http://statline.cbs.nl/Statweb/>
[Geopend 29 Januari 2014].

Chau, K., 1999. On the issue of plan shape complexity: plan shape indices revisited. *Construction management and economics*, Issue 17, pp. 473 - 482.

Chau, K. et al., 2007. Determining Optimal Building Height. *Urban Studies*, Vol. 44, No. 3, pp. p. 591 - 607.

Cohen, J., 1992. A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), p. 155–159.

Davis Langdon & Seah, 2010. *DLS Dynamics*, Hong Kong: Davis Langdon & Seah Hong Kong Limited.

DTZ, 2014. *The Netherlands, a national picture*, Amsterdam: DTZ Zadelhoff.

Evans, A., 2004. *Economics, Real Estate and the Supply of Land*. sl:Wiley-Blackwell.

Ferry, D. & Brandon, P., 1980. *Cost Planning of Buildings*. 1st red. London: Granada.

Flanagan, R. & Norman, G., 1978. The relationship between construction price and height. *Chartered Surveyor Building and Quantity Surveying Quarterly*, Issue 5, pp. 68-71.

- Fujita, M., 1989. *Urban Economic Theory: Land Use and City Size*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Gann, D., Salter, A. & Whyte, J., 2003. Design quality indicator as a tool for thinking. *Building research & information*, 5(31), pp. 318 - 333.
- Gemeente Amsterdam, 2011. *Structuurvisie Amsterdam 2040 - Economisch Sterk en Duurzaam*, Amsterdam: gemeente Amsterdam.
- Gerritse, C., 1999. *Kosten en kwaliteit*, Delft: Delft University Press.
- Hair, J., Black, W., Babin, B. & Anderson, R., 2010. *Multivariate Data Analysis: A Global Perspective*. 7 red. New Jersey: Pearson Education.
- Hellenberg Hubar, v. S., 2009. *Duurzaamheid, flexibiliteit en kosten van hoogbouw*, Delft: TU Delft.
- Helsley, R. & Strange, W., 2008. A game-theoretic analysis of skyscrapers. *Journal of Urban Economics* 64, pp. p. 49-64.
- JLL, 2014. *Ranking Office Locations 2014*, Amsterdam: Jones Lang LaSalle.
- Johnson, V., 2002. *Laxton's Building Price Book 2002: Major and Small Works*. 1st red. Oxford: Elsevier.
- Jong, J. d., 2012. *Basisboek Vastgoedrekenen*. 1e red. Vlaardingen: Management Producties.
- Koeskoulas, V. & Koehn, E., 1974. Predesign cost-estimation function for buildings. *Journal of the Construction Division - ASCE*, CO4(100), pp. 589 - 604.
- Koster, H., Ommeren, J. v. & Rietveld, P., 2014. Is the sky the limit? High-rise buildings and office rents. *Journal of Economic Geography*, Issue 14, pp. 125-153.
- Langdon, D., 1997. *Building*. [Online]
Available at: <http://www.building.co.uk/high-rise-office-towers-cost-model-may-1997/1025316.article>
[Geopend 14 Oktober 2014].
- Langdon, D., Everest, Green, M. & Wall, A., 2002. *Building*. [Online]
Available at: <http://www.building.co.uk/cost-model-tall-buildings/1021352.article>
[Geopend 07 oktober 2014].
- Lau, E. & Yam, K., 2007. *A Study of the Economic Value of High-rise Office Buildings in China*, Hong Kong: FIG.
- Li, H., Shen, Q. & Love, P. E., 2005. Cost modelling of office buildings in Hong Kong: An exploratory study. *Facilities*, 23(9), pp. 438 - 452.
- Marr, K., 1977. Standards for construction cost estimates. *Transactions of the American Association of Cost Engineers*, pp. p. 77-80.

- Mills, E., 1967. An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area. *American Economic Review*, Issue 57, pp. 197-210.
- Newton, S., 1982. *Building Cost Techniques: New Directions*. London: E&FN Spon.
- Oss, S. v., 2007. *Hoe hoger, hoe duurder?*, Delft: TU Delft.
- Picken, D. & Ilozor, B., 2003. Height and construction costs of building in Hong Kong. *Construction Management and Economics*, pp. p. 107 - 111.
- Proverbs, D., Holt, G. & Love, P., 1999. Logistics of materials handling methods of high rise in in-situ construction. *International Journal of Physical Distribution & logistics management*, 29(9), pp. 659 - 75.
- Seeley, I., 1995. *Building Economics*. 4th red. London: Palgrave.
- Skyscraperpage, 2014. *Skyscraperpage - Diagrams*. [Online]
Available at: <http://skyscraperpage.com/diagrams/>
[Geopend 1 december 2014].
- Sonmez, R., 2004. Conceptual cost estimation of building projects with regression analysis and neural networks. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 31(4), pp. 677-683.
- Steyert, R., 1972. *The economics of high-rise apartment buildings of alternate design construction*, sl: Construction Research Council, American Society of Civil Engineers.
- Stone, P., 1972. *Building Economy*. Oxford: Pergamon Press.
- Tregenza, T., 1972. Association between building height and cost. *The Architects Journal*, Volume November, pp. 1031-2.
- Vocht, A., 2011. *Statistische Analyse*, Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Volkskrant, 2010. *De Maastoren onnadrukkelijk toch de hoogste*. [Online]
Available at:
<http://www.volkskrant.nl/vk/nl/2676/Cultuur/archief/article/detail/1012022/2010/07/05/De-Maastoren-onnadrukkelijk-toch-de-hoogste.dhtml>
[Geopend 16 september 2014].
- Watts, S. & Langdon, D., 2010. Tall buildings in numbers. *CTBUH Journal*, Volume III, pp. 43 - 44.
- Williams, J., 1991. Real Estate Development as an Option. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, Issue 4, pp. 191-208.
- Zandbelt & Van de Berg, 2009. *Uitvoering Structuurvisie Randstad 2040 aangepast - Nederlandse hoogbouwcultuur*, Den Haag: Rijksoverheid.
- Zima, K. & Plebankiewicz, E., 2012. *Analysis of the building shape erected in Krakow and its impact on construction costs*, Krakow: Cracow University of Technology.

Bijlagen

Bijlage 1a: Overzicht steden en bijbehorende voorraad en hoogbouw

| Stad | Provincie | Regio* | Voorraad** | Kantoren > 35 meter (≥ 1995)*** |
|-------------------------------------|---------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Amsterdam | Noord-Holland | West-Nederland | 6.077.000 m ² | 56 |
| 2. Den Haag | Zuid-Holland | West-Nederland | 4.140.000 m ² | 29 |
| 3. Rotterdam | Zuid-Holland | West-Nederland | 3.449.000 m ² | 24 |
| 4. Utrecht | Utrecht | West-Nederland | 2.714.000 m ² | 19 |
| 5. Eindhoven | Brabant | Zuid-Nederland | 1.974.000 m ² | 9 |
| 6. Haarlemmermeer | Noord-Holland | West-Nederland | 1.410.000 m ² | 10 |
| 7. Arnhem | Gelderland | Oost-Nederland | 1.122.000 m ² | 6 |
| 8. 's-Hertogenbosch | Brabant | Zuid-Nederland | 971.000 m ² | 3 |
| 9. Groningen | Groningen | Noord-Nederland | 967.000 m ² | 7 |
| 10. Zwolle | Overijssel | Oost-Nederland | 778.000 m ² | 3 |
| 11. Maastricht | Limburg | Zuid-Nederland | 591.000 m ² | 3 |
| 12. Leeuwarden | Friesland | Noord-Nederland | 582.000 m ² | 4 |
| | Totaal | | 24.775.000 m² | 173 |
| Totale voorraad Nederland | | | 49.384.000 m² | |
| Aandeel geselecteerde steden | | | 50,2% | |

*NUTS-1 gebieden volgens CBS

**DTZ, 2014

*** Bron: Skyscraperpage, 2014

Bijlage 1b: Overzicht brandveiligheidseisen volgens bouwbesluit

Bouwhoogte en brandveiligheidseisen volgens bouwbesluit 2003

| Hoogte, vanaf | Onderwerp |
|------------------|---|
| 13 meter | Brandwerendheid met betrekking tot bezwijken 120 minuten. |
| 20 meter | Brandwerendheid van de gevel klasse 2 |
| | Brandweerlift verplicht |
| 50 meter | Droge buisleiding verplicht |
| | Vluchttrappenhuis uitgevoerd met rooksluis of als veiligheidstrappenhuis |
| 70 meter | Overall gelijke mate van brandveiligheid |
| | Twee brandweerliften, commandocentrum, opstelplaats voor een brandweerkar en interne communicatie voorzieningen |
| 100 meter | Elk (sub)brandcompartiment verplichte sprinkler met dubbele aansluiting waternet en pompen op noodstroom. |

Bron: Oss, 2007 naar aanleiding van bouwbesluit 2003.

Bijlage 2: Mate van stedelijkheid

Stedelijkheid CBS

Op grond van de omgevingsadressendichtheid is aan iedere buurt, wijk of gemeente een stedelijkheidsklasse toegekend. De volgende klassenindeling is gehanteerd:

- 1: zeer sterk stedelijk $\geq 2\,500$ adressen per km^2
 - 2: sterk stedelijk 1 500 - 2 500 adressen per km^2
 - 3: matig stedelijk 1 000 - 1 500 adressen per km^2
 - 4: weinig stedelijk 500 - 1 000 adressen per km^2
 - 5: niet stedelijk < 500 adressen per km^2
-

Bijlage 3: BDB-Index.

Wordt niet gepubliceerd.

Bijlage 4: Logboek van dataverzameling

Wordt niet gepubliceerd

Bijlage 5: Correlatiematrix

Bijlage 6: Box's Test of Equality of Covariances JLL Office Location Ranking

| Box's Test of Equality of Covariance Matrices ^a | |
|--|----------|
| Box's M | 17,962 |
| F | 1,796 |
| df1 | 9 |
| df2 | 3261,189 |
| Sig. | ,064 |

LSD - Multiple Comparisons

| Dependent Variable | | | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
| | | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| Bouwkosten | Ranking Top 50 | Ranking Top 51 - 100 | -156,5833 | 110,47563 | ,163 | -378,4802 | 65,3135 |
| | | Ranking Top 101 - 150 | 158,8333 | 110,47563 | ,157 | -63,0635 | 380,7302 |
| | | Ranking Top 151 - 205 | 124,4167 | 142,62343 | ,387 | -162,0509 | 410,8843 |
| | Ranking Top 51 - 100 | Ranking Top 50 | 156,5833 | 110,47563 | ,163 | -65,3135 | 378,4802 |
| | | Ranking Top 101 - 150 | 315,4167* | 127,56627 | ,017 | 59,1923 | 571,6411 |
| | | Ranking Top 151 - 205 | 281,0000 | 156,23614 | ,078 | -32,8095 | 594,8095 |
| | Ranking Top 101 - 150 | Ranking Top 50 | -158,8333 | 110,47563 | ,157 | -380,7302 | 63,0635 |
| | | Ranking Top 51 - 100 | -315,4167* | 127,56627 | ,017 | -571,6411 | -59,1923 |
| | | Ranking Top 151 - 205 | -34,4167 | 156,23614 | ,827 | -348,2262 | 279,3928 |
| | Ranking Top 151 - 205 | Ranking Top 50 | -124,4167 | 142,62343 | ,387 | -410,8843 | 162,0509 |
| | | Ranking Top 51 - 100 | -281,0000 | 156,23614 | ,078 | -594,8095 | 32,8095 |
| | | Ranking Top 101 - 150 | 34,4167 | 156,23614 | ,827 | -279,3928 | 348,2262 |
| Bouwhoogte | Ranking Top 50 | Ranking Top 51 - 100 | 3,18 | 8,458 | ,709 | -13,81 | 20,16 |
| | | Ranking Top 101 - 150 | 23,42* | 8,458 | ,008 | 6,43 | 40,41 |
| | | Ranking Top 151 - 205 | 26,94* | 10,919 | ,017 | 5,01 | 48,87 |
| | Ranking Top 51 - 100 | Ranking Top 50 | -3,18 | 8,458 | ,709 | -20,16 | 13,81 |
| | | Ranking Top 101 - 150 | 20,24* | 9,766 | ,043 | ,63 | 39,86 |
| | | Ranking Top 151 - 205 | 23,77 | 11,961 | ,052 | -,26 | 47,79 |
| | Ranking Top 101 - 150 | Ranking Top 50 | -23,42* | 8,458 | ,008 | -40,41 | -6,43 |
| | | Ranking Top 51 - 100 | -20,24* | 9,766 | ,043 | -39,86 | -,63 |
| | | Ranking Top 151 - 205 | 3,53 | 11,961 | ,769 | -20,50 | 27,55 |
| | Ranking Top 151 - 205 | Ranking Top 50 | -26,94* | 10,919 | ,017 | -48,87 | -5,01 |
| | | Ranking Top 51 - 100 | -23,77 | 11,961 | ,052 | -47,79 | ,26 |
| | | Ranking Top 101 - 150 | -3,53 | 11,961 | ,769 | -27,55 | 20,50 |

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 572,236.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Bijlage 7: Univariate Analysis of Variance Ground Space Indices

| | GSI ≤ 25% | GSI 25 – 50% | GSI 50 – 75% | GSI 75 – 100% |
|--|-----------|--------------|--------------|---------------|
| Gemiddelde bouwkosten per m ² | € 1052,- | €1093,- | €1270,- | €1586,- |
| Standaard deviatie | 237 | 112 | 389 | 454 |
| N | 15 | 9 | 11 | 4 |

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

| F | df1 | df2 | Sig. |
|-------|-----|-----|------|
| 4,921 | 3 | 35 | ,006 |

Dependent Variable: Bouwkosten2014 m2

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Bouwkosten 2014 per m²

LSD

| (I) GSI | | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---------------|---------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| GSI tot 25% | GSI 25 - 50% | -41,3778 | 123,88670 | ,740 | -292,8811 | 210,1256 |
| | GSI 50 - 75% | -218,2970 | 116,63547 | ,070 | -455,0796 | 18,4856 |
| | GSI 75 - 100% | -533,6833* | 165,34349 | ,003 | -869,3485 | -198,0182 |
| GSI 25 - 50% | GSI tot 25% | 41,3778 | 123,88670 | ,740 | -210,1256 | 292,8811 |
| | GSI 50 - 75% | -176,9192 | 132,06366 | ,189 | -445,0227 | 91,1843 |
| | GSI 75 - 100% | -492,3056* | 176,56571 | ,009 | -850,7530 | -133,8581 |
| GSI 50 - 75% | GSI tot 25% | 218,2970 | 116,63547 | ,070 | -18,4856 | 455,0796 |
| | GSI 25 - 50% | 176,9192 | 132,06366 | ,189 | -91,1843 | 445,0227 |
| | GSI 75 - 100% | -315,3864 | 171,55573 | ,075 | -663,6630 | 32,8903 |
| GSI 75 - 100% | GSI tot 25% | 533,6833* | 165,34349 | ,003 | 198,0182 | 869,3485 |
| | GSI 25 - 50% | 492,3056* | 176,56571 | ,009 | 133,8581 | 850,7530 |
| | GSI 50 - 75% | 315,3864 | 171,55573 | ,075 | -32,8903 | 663,6630 |

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 86332,013.

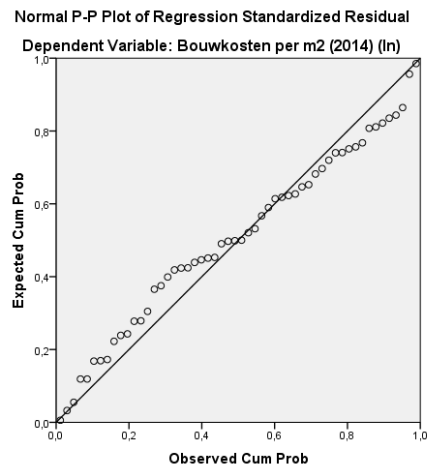
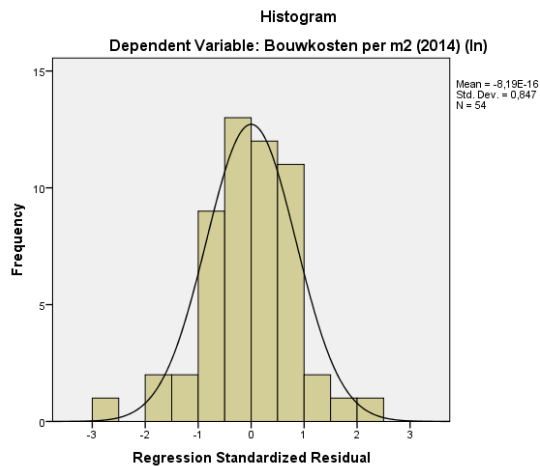
*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Bijlage 8

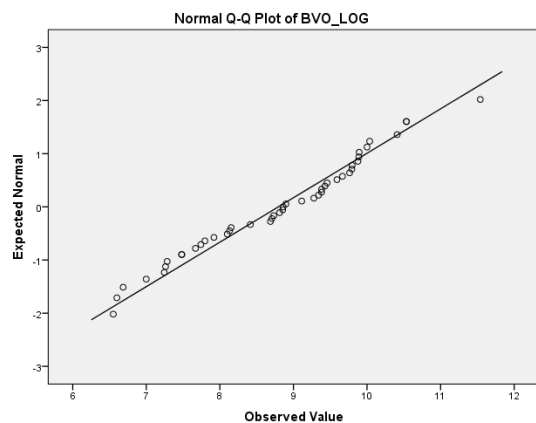
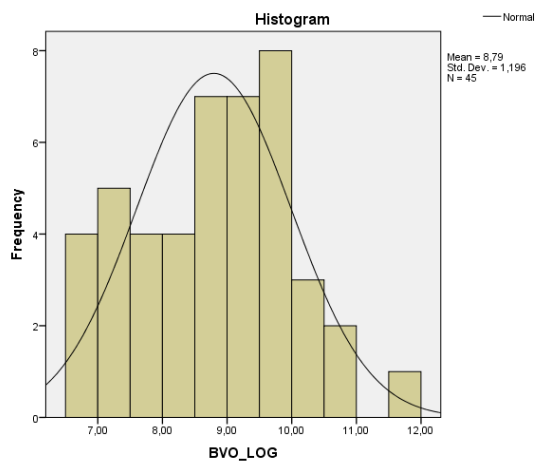
Normaliteit

Voor alle ratio variabelen wordt getoetst of deze normaal verdeeld zijn. Middels de *normal probability plot* en een histogram wordt dit grafisch weergegeven. Bij een normale verdeling liggen de punten in de *normal probability plot* op de diagonale lijn. Om aan de betreffende voorwaarde te voldoen en een beter passende normaal verdeling te creëren zijn de variabelen getransformeerd naar een natuurlijk logaritme (LOG). Op deze wijze zijn de negatief scheve verdelingen meer normaal verdeeld. Zichtbaar in onderstaande figuren is dat de geobserveerde waarde zich concentreren rondom de diagonale lijn, de assumptie van normaliteit wordt als voldoende beschouwd.

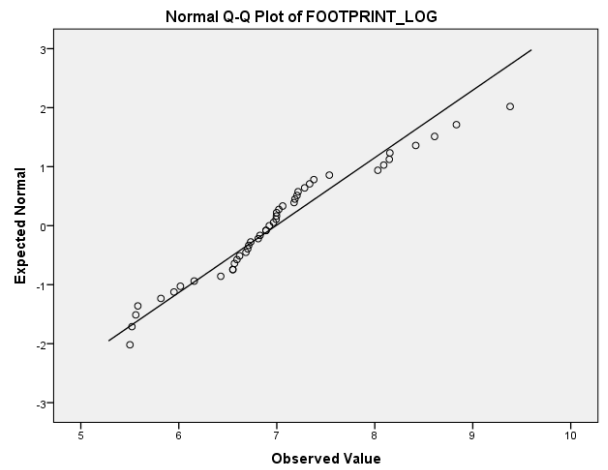
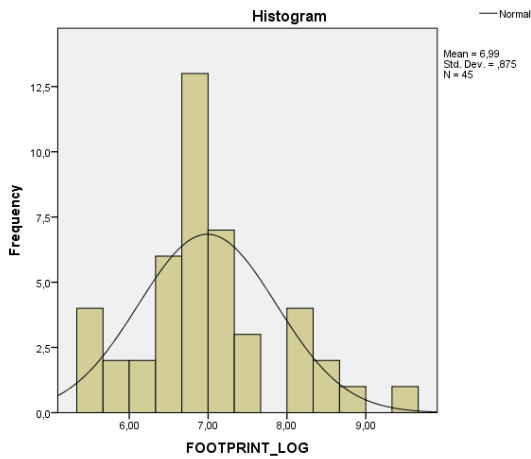
Model:



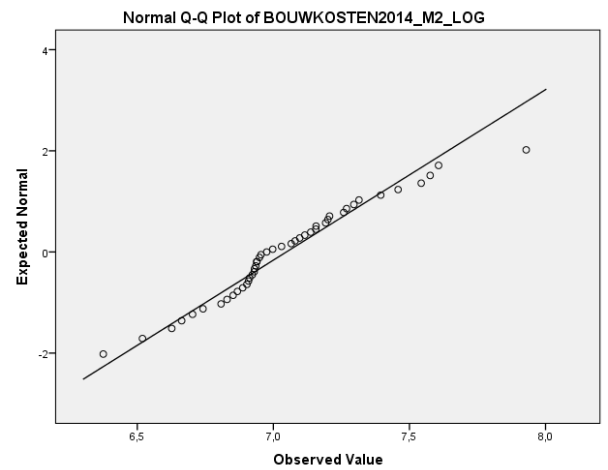
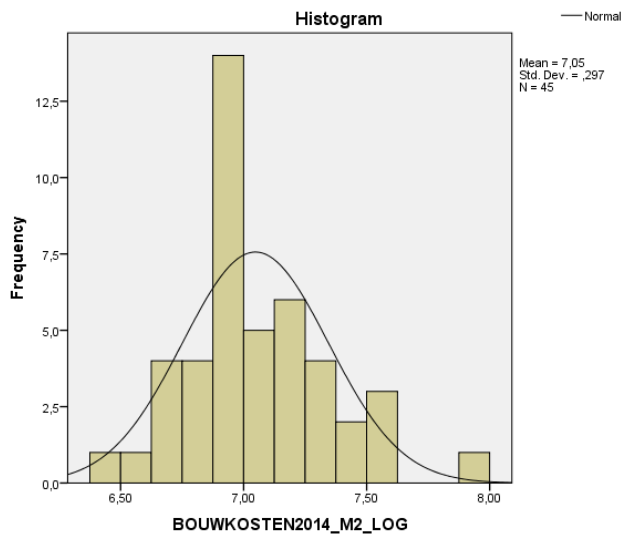
BVO (log)



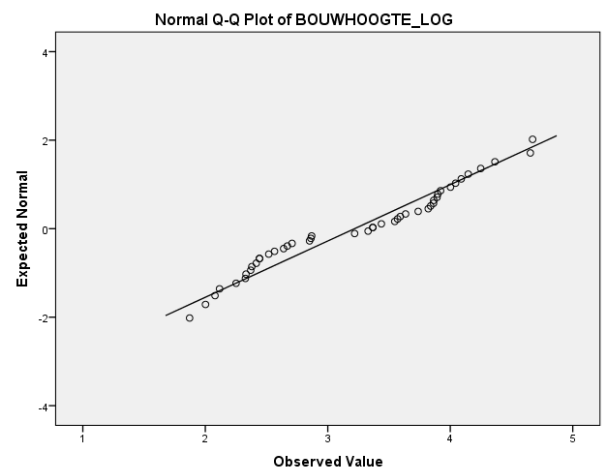
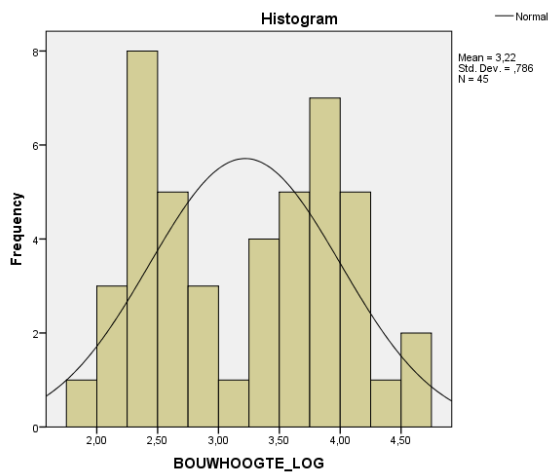
Footprint (log)



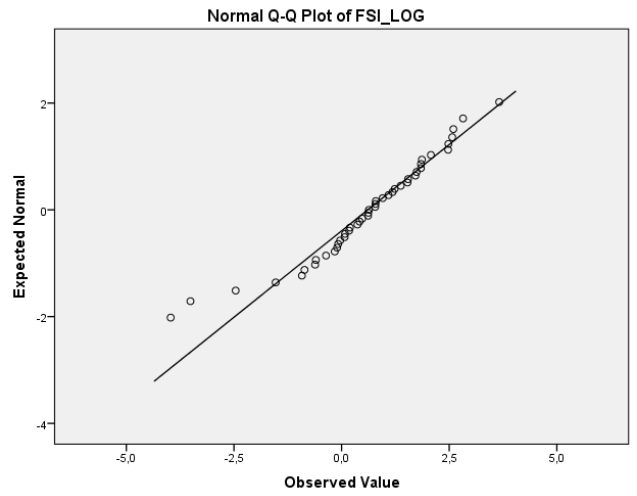
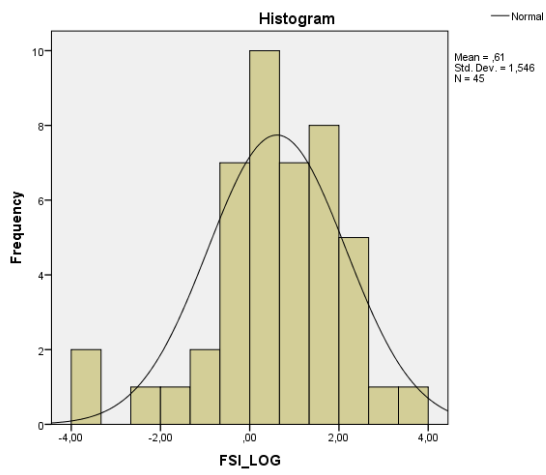
Bouwkosten per m2 prijspeil 2014 (log)



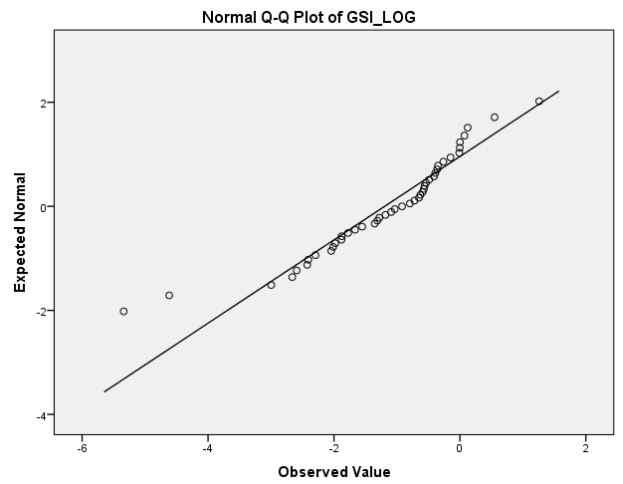
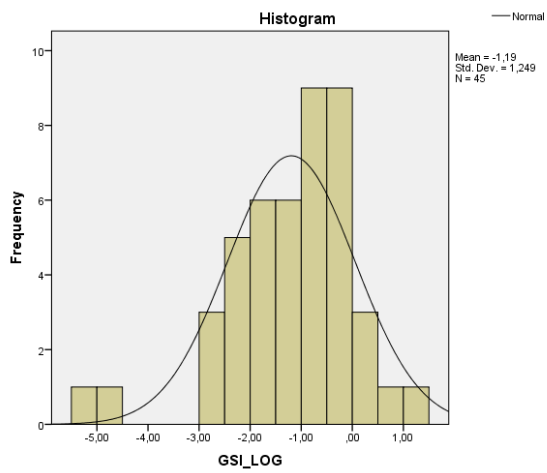
Bouwhoogte (log)



Floor Space Index (log)



Ground Space index (log)



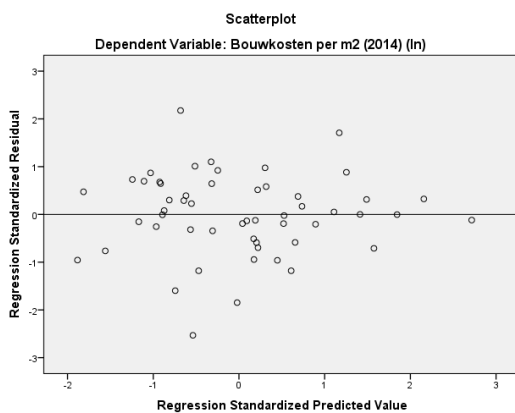
Homoscedasticiteit

De mate van homoscedasticiteit wordt visueel weergegeven in spreidingsgrammen (*scatterplots*). Voor elke combinatie van waarden van de onafhankelijke variabelen is er in de populatie een normale verdeling van waarden voor de afhankelijke variabele. De meest ideale situatie is al de puntenwolk evenwichtig verspreid rondom de nul lijn liggen. Zichtbaar in onderstaande figuren is dat hieraan is voldaan. De assumptie van homoscedasticiteit wordt als voldoende beschouwd.

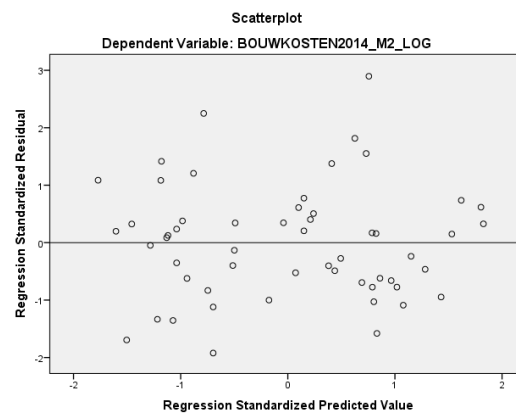
Lineair

Om te kijken of de variabelen lineair zijn wordt eveneens gekeken naar de individuele spreidingsgrammen (*scatterplots*) van gestandaardiseerde residuen en voorspelde waarden. Hierbij wordt elke X-variabele afgezet tegen de bouwkosten per vierkante meter (Y-variabele). Bij een lineair model liggen alle punten evenwichtig rondom de nullijn. De figuren tonen aan dat de variabelen lineair zijn.

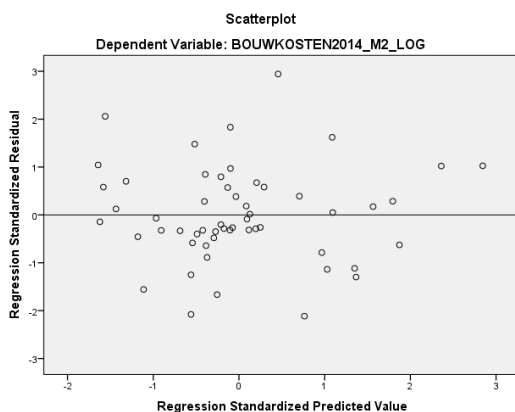
Model:



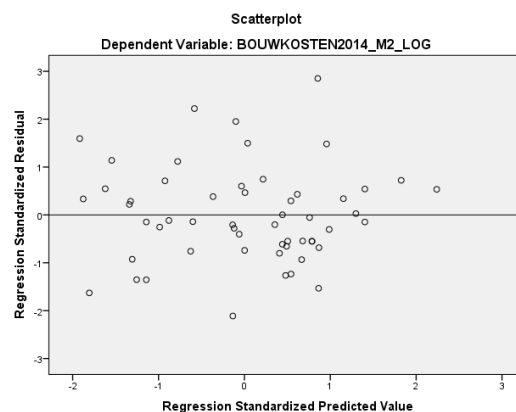
Bouwhoogte (log)



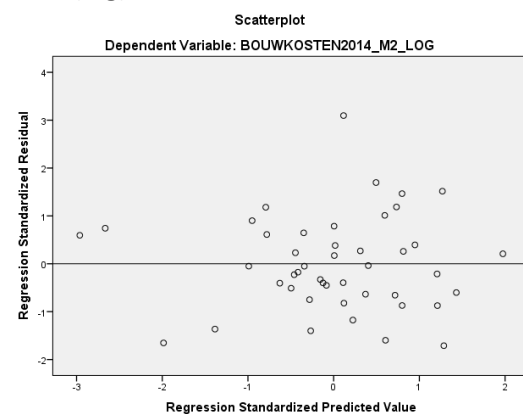
Footprint (log)



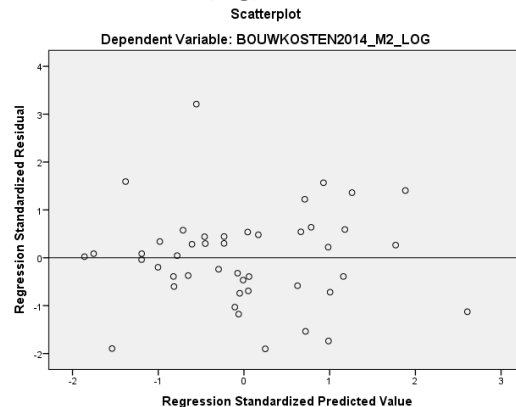
BVO (log)



FSI (log)



GSI (log)



Multicollineariteit

In het model mag geen sprake zijn van multicollineariteit. Als er sprake is van multicollineariteit betekent dit dat twee onafhankelijke variabelen te sterk met elkaar correleren. Het probleem is hierbij dat de variabelen hetzelfde meten, dit gegeven zorgt ervoor dat het niet mogelijk is het juiste effect van de variabele vast te stellen.

Middels de *Variance Inflation Factor* test (VIF-test) wordt getoetst voor multicollineariteit. Er is sprake van multicollineariteit bij een correlatie van 0,9 of hoger (Hair e.a., 2010; Vocht, 2011). Een VIF-score van **5.3** staat gelijk aan een correlatie van 0,9 (Hair e.a., 2010). Onderstaand wordt elke onafhankelijke variabele los afgezet tegen over alle andere onafhankelijke variabelen en de VIF berekend.

Het **bruto vloeroppervlak** toont met alle variabelen een hoge VIF-score en wordt buiten het model gelaten. Ook de **FSI** en **GSI** hebben een te hoge VIF-score, beide variabelen worden uitgesloten van het regressiemodel. Tevens hebben beide variabelen veel *missing cases* wat van invloed is op de resultaten van het regressiemodel. Tot slot hebben de **liftinstallaties** een hoge VIF-score, ook deze variabelen worden buiten het model gelaten. De footprint heeft een hoge VIF maar komt ten goede aan de kwaliteit van het model (adjusted R-square) en wordt in het model gelaten.

| Coefficients ^a | | |
|---------------------------|-------------------------|--------|
| Model | Collinearity Statistics | |
| | Tolerance | VIF |
| Ondergronds | ,415 | 2,408 |
| Bouwhoogte (ln) | ,091 | 11,033 |
| Footprint (ln) | ,295 | 3,394 |
| FSI | ,031 | 32,015 |
| GSI | ,050 | 19,841 |
| Liftinstallaties | ,180 | 5,556 |
| Landsdeel | ,756 | 1,323 |
| Type constructie | ,768 | 1,302 |
| Type gevel | ,662 | 1,510 |
| Type bouwvorm | ,521 | 1,918 |

a. Dependent Variable: Bruto vloeroppervlak (ln)

Coefficients^a

| Model | Collinearity Statistics | |
|---------------------------|-------------------------|--------|
| | Tolerance | VIF |
| Bouwhoogte (ln) | ,099 | 10,054 |
| Footprint (ln) | ,171 | 5,856 |
| GSI | ,660 | 1,514 |
| Liftinstallaties | ,180 | 5,555 |
| Landsdeel | ,774 | 1,292 |
| Type constructie | ,768 | 1,302 |
| Type gevel | ,699 | 1,431 |
| Type bouwvorm | ,546 | 1,832 |
| Bruto vloeroppervlak (ln) | ,070 | 14,354 |

a. Dependent Variable: Ondergronds

Coefficients^a

| Model | Collinearity Statistics | |
|---------------------------|-------------------------|-------|
| | Tolerance | VIF |
| Footprint (ln) | ,346 | 2,893 |
| GSI | ,570 | 1,753 |
| Liftinstallaties | ,237 | 4,221 |
| Landsdeel | ,757 | 1,322 |
| Type constructie | ,787 | 1,271 |
| Type gevel | ,739 | 1,353 |
| Type bouwvorm | ,527 | 1,896 |
| Bruto vloeroppervlak (ln) | ,119 | 8,409 |
| Ondergronds | ,456 | 2,194 |

a. Dependent Variable: Bouwhoogte (ln)

| Coefficients ^a | | |
|---------------------------|-------------------------|--------|
| Model | Collinearity Statistics | |
| | Tolerance | VIF |
| FSI | ,043 | 23,443 |
| GSI | ,078 | 12,816 |
| Liftinstallaties | ,180 | 5,556 |
| Landsdeel | ,756 | 1,323 |
| Type constructie | ,768 | 1,302 |
| Type gevel | ,662 | 1,510 |
| Type bouwvorm | ,521 | 1,918 |
| Bruto vloeroppervlak (ln) | ,159 | 6,280 |
| Ondergronds | ,415 | 2,408 |
| Bouwhoogte (ln) | ,091 | 11,033 |

a. Dependent Variable: Footprint (ln)

| Coefficients ^a | | |
|---------------------------|-------------------------|--------|
| Model | Collinearity Statistics | |
| | Tolerance | VIF |
| GSI | ,545 | 1,835 |
| Liftinstallaties | ,180 | 5,556 |
| Landsdeel | ,756 | 1,323 |
| Type constructie | ,768 | 1,302 |
| Type gevel | ,662 | 1,510 |
| Type bouwvorm | ,521 | 1,918 |
| Bruto vloeroppervlak (ln) | ,053 | 18,809 |
| Ondergronds | ,415 | 2,408 |
| Bouwhoogte (ln) | ,091 | 11,033 |
| Footprint (ln) | ,134 | 7,443 |

a. Dependent Variable: FSI

| Coefficients ^a | | |
|---------------------------|-------------------------|--------|
| Model | Collinearity Statistics | |
| | Tolerance | VIF |
| Liftinstallaties | ,180 | 5,556 |
| Landsdeel | ,756 | 1,323 |
| Type constructie | ,768 | 1,302 |
| Type gevel | ,662 | 1,510 |
| Type bouwvorm | ,521 | 1,918 |
| Bruto vloeroppervlak (ln) | ,056 | 17,885 |
| Ondergronds | ,415 | 2,408 |
| Bouwhoogte (ln) | ,091 | 11,033 |
| Footprint (ln) | ,160 | 6,243 |
| FSI | ,355 | 2,816 |

a. Dependent Variable: GSI

| Coefficients ^a | | |
|---------------------------|-------------------------|--------|
| Model | Collinearity Statistics | |
| | Tolerance | VIF |
| Landsdeel | ,762 | 1,312 |
| Type constructie | ,786 | 1,272 |
| Type gevel | ,742 | 1,349 |
| Type bouwvorm | ,524 | 1,907 |
| Bruto vloeroppervlak (ln) | ,053 | 18,796 |
| Ondergronds | ,415 | 2,407 |
| Bouwhoogte (ln) | ,119 | 8,383 |
| Footprint (ln) | ,151 | 6,617 |
| GSI | ,547 | 1,827 |

a. Dependent Variable: Liftinstallaties

| Coefficients ^a | | |
|---------------------------|-------------------------|--------|
| Model | Collinearity Statistics | |
| | Tolerance | VIF |
| Type constructie | ,770 | 1,299 |
| Type gevel | ,663 | 1,509 |
| Type bouwvorm | ,523 | 1,912 |
| Bruto vloeroppervlak (ln) | ,053 | 18,702 |
| Ondergronds | ,425 | 2,350 |
| Bouwhoogte (ln) | ,091 | 11,018 |
| Footprint (ln) | ,134 | 7,436 |
| GSI | ,592 | 1,688 |
| Liftinstallaties | ,182 | 5,507 |

a. Dependent Variable: Landsdeel

| Coefficients ^a | | |
|---------------------------|-------------------------|--------|
| Model | Collinearity Statistics | |
| | Tolerance | VIF |
| Type gevel | ,665 | 1,504 |
| Type bouwvorm | ,522 | 1,917 |
| Bruto vloeroppervlak (ln) | ,054 | 18,497 |
| Ondergronds | ,415 | 2,408 |
| Bouwhoogte (ln) | ,093 | 10,768 |
| Footprint (ln) | ,135 | 7,411 |
| GSI | ,548 | 1,826 |
| Liftinstallaties | ,184 | 5,428 |
| Landsdeel | ,757 | 1,320 |

a. Dependent Variable: Type constructie

| Coefficients ^a | | |
|---------------------------|-------------------------|--------|
| Model | Collinearity Statistics | |
| | Tolerance | VIF |
| Type bouwvorm | ,581 | 1,720 |
| Bruto vloeroppervlak (ln) | ,053 | 18,784 |
| Ondergronds | ,438 | 2,282 |
| Bouwhoogte (ln) | ,101 | 9,886 |
| Footprint (ln) | ,141 | 7,117 |
| GSI | ,566 | 1,766 |
| Liftinstallaties | ,202 | 4,962 |
| Landsdeel | ,756 | 1,323 |
| Type constructie | ,771 | 1,297 |

a. Dependent Variable: Type gevel

| Coefficients ^a | | |
|---------------------------|-------------------------|--------|
| Model | Collinearity Statistics | |
| | Tolerance | VIF |
| Bruto vloeroppervlak (ln) | ,054 | 18,504 |
| Ondergronds | ,435 | 2,299 |
| Bouwhoogte (ln) | ,092 | 10,910 |
| Footprint (ln) | ,134 | 7,442 |
| GSI | ,549 | 1,821 |
| Liftinstallaties | ,181 | 5,525 |
| Landsdeel | ,758 | 1,319 |
| Type constructie | ,769 | 1,301 |
| Type gevel | ,739 | 1,354 |

a. Dependent Variable: Type bouwvorm

Outliers

Outliers zijn observaties die niet goed worden voorspeld door het regressiemodel en hebben afwijkende waarde. Bij een steekproef met minder dan 80 observaties kan een observatie met een standaarddeviatie van 2.5 of groter worden getypeerd als *outlier* (Hair e.a., 2010). Casnummer 7 wordt geïdentificeerd als *outlier* met een gestandaardiseerde residu van meer dan 2.5, namelijk 3,097. Case nummer 7 wordt hierdoor verwijderd uit de dataset (betreft het ING House).

Casewise Diagnostics^a

| Case Number | Std. Residual | Bouwkosten per m ² (log) | Predicted Value | Residual |
|-------------|---------------|-------------------------------------|-----------------|----------|
| 7 | 3,097 | 7,93 | 7,0600 | ,86874 |

a. Dependent Variable: Bouwkosten per m² (log)

Residuals Statistics^a

| | Minimum | Maximum | Mean | Std. Deviation | N |
|----------------------|---------|---------|--------|----------------|----|
| Predicted Value | 6,7358 | 7,2559 | 7,0479 | ,10536 | 45 |
| Residual | -,48017 | ,86874 | ,00000 | ,27735 | 45 |
| Std. Predicted Value | -2,963 | 1,975 | ,000 | 1,000 | 45 |
| Std. Residual | -1,711 | 3,097 | ,000 | ,989 | 45 |

a. Dependent Variable: Bouwkosten per m² (log)

Bijlage 9: Chow-test

$$F = \frac{(\text{Restricted RSS} - \text{Unrestricted RSS}) / (2k - k)}{\text{Unrestricted RSS} / (n - 2k)}$$

| | |
|-------------------|--|
| F: | F-waarde |
| Restricted RSS: | Som van gekwadrateerde residuen (<i>pooled</i>) |
| Unrestricted RSS: | Som van gekwadrateerde residuen van subgroepen (2 stedelijkheidsniveaus) |
| K: | Totaal aantal bèta's in het model (incl. constante) |
| N: | Aantal observaties |
| Groep 1: | Zeer- en sterk stedelijk |
| Groep 2: | Matig- en niet stedelijk |

$$0,795 = \frac{(1,557 - (0,603 + 0,307)) / (34 - 17)}{(0,603 + 0,307) / (53 - 34)}$$

Kritieke F-waarde: 1,65 op $p = 0,05$

Kritieke F-waarde: 2,33 op $p = 0,01$

Nulhypothese wordt niet verworpen, er zijn *geen* verschillen tussen beide groepen.

Bijlage 10: Regressiemodel 4 met JLL Office Locations

| Model Summary | | | | |
|---------------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| 1 | ,607 ^a | ,369 | ,184 | ,25118 |

| ANOVA ^a | | | | | | |
|--------------------|------------|----------------|----|-------------|-------|-------------------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| | Regression | 1,513 | 12 | ,126 | 1,998 | ,050 ^b |
| 1 | Residual | 2,587 | 41 | ,063 | | |
| | Total | 4,099 | 53 | | | |

| Coefficients ^a | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|-------------------------|-------|
| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | Collinearity Statistics | |
| | | B | Std. Error | Beta | | | Tolerance | VIF |
| | (Constant) | 6,983 | ,331 | | 21,088 | ,000 | | |
| | Bouwhoogte (ln) | ,102 | ,064 | ,286 | 1,596 | ,118 | ,480 | 2,082 |
| | Footprint (ln) | -,039 | ,042 | -,135 | -,924 | ,361 | ,716 | 1,396 |
| | Dum_OndergrondsEen | -,029 | ,096 | -,048 | -,298 | ,767 | ,591 | 1,693 |
| | Dum_OndergrondsTwee | ,308 | ,120 | ,351 | 2,558 | ,014 | ,817 | 1,224 |
| | Dum_OndergrondsDrie | ,127 | ,287 | ,062 | ,443 | ,660 | ,782 | 1,278 |
| | StaalTradi_x_tot_20m | -,092 | ,114 | -,124 | -,806 | ,425 | ,646 | 1,548 |
| | JLL2Hoogte | ,044 | ,029 | ,241 | 1,506 | ,140 | ,604 | 1,657 |
| | JLL3Hoogte | -,030 | ,034 | -,129 | -,897 | ,375 | ,749 | 1,335 |
| | JLL4Hoogte | ,008 | ,046 | ,026 | ,180 | ,858 | ,748 | 1,337 |
| | Vliesgevel_x_Hoogte | -,023 | ,040 | -,080 | -,572 | ,571 | ,790 | 1,266 |
| | MetselwerkG_x_Hoogte | -,027 | ,028 | -,152 | -,980 | ,333 | ,637 | 1,570 |
| | BetonG_x_Hoogte | -,076 | ,039 | -,284 | -1,970 | ,056 | ,743 | 1,346 |

a. Dependent Variable: Bouwkosten per m2 (2014) (ln)

Bijlage 11: Regressiemodel 5 Pooled

Model Summary^b

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | Durbin-Watson |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|---------------|
| 1 | ,788 ^a | ,621 | ,471 | ,20227 | 2,397 |

ANOVA^a

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|-------------|-------|-------------------|
| 1 | Regression | 2,545 | 15 | ,170 | 4,147 | ,000 ^b |
| | Residual | 1,555 | 38 | ,041 | | |
| | Total | 4,099 | 53 | | | |

Coefficients^a

| Model | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | Collinearity Statistics | |
|--------------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|-------------------------|-------|
| | B | Std. Error | Beta | | | Tolerance | VIF |
| (Constant) | 7,779 | ,319 | | 24,377 | ,000 | | |
| Bouwhoogte (ln) | ,137 | ,063 | ,385 | 2,188 | ,035 | ,322 | 3,107 |
| Footprint (ln) | -,109 | ,038 | -,383 | -2,880 | ,007 | ,563 | 1,776 |
| Zeer eenvoudig *hoogte | -,175 | ,041 | -,862 | -4,305 | ,000 | ,249 | 4,017 |
| Eenvoudig * hoogte | -,121 | ,035 | -,707 | -3,460 | ,001 | ,239 | 4,178 |
| Complex * hoogte | -,107 | ,037 | -,607 | -2,907 | ,006 | ,229 | 4,371 |
| Één laag ondergronds | -,061 | ,079 | -,104 | -,778 | ,441 | ,564 | 1,772 |
| 1 Twee lagen ondergronds | ,185 | ,104 | ,211 | 1,783 | ,083 | ,714 | 1,401 |
| Drie lagen ondergronds | ,159 | ,234 | ,078 | ,680 | ,501 | ,760 | 1,315 |
| StaalTradi * hoogte 20m | -,268 | ,101 | -,363 | -2,651 | ,012 | ,534 | 1,874 |
| Vliesgevel * Hoogte | ,009 | ,033 | ,031 | ,274 | ,786 | ,759 | 1,318 |
| Metselwerk * Hoogte | ,015 | ,023 | ,081 | ,644 | ,524 | ,631 | 1,585 |
| Beton * Hoogte | -,023 | ,035 | -,084 | -,649 | ,520 | ,590 | 1,696 |
| Oost-NL * Hoogte | -,061 | ,034 | -,218 | -1,785 | ,082 | ,669 | 1,495 |
| Zuid-NL * Hoogte | -,020 | ,023 | -,107 | -,883 | ,383 | ,683 | 1,465 |
| Noord-NL * Hoogte | ,033 | ,031 | ,132 | 1,061 | ,295 | ,644 | 1,554 |

a. Dependent Variable: Bouwkosten per m2 (2014) (ln)

Residuals Statistics^a

| | Minimum | Maximum | Mean | Std. Deviation | N |
|----------------------|---------|---------|--------|----------------|----|
| Predicted Value | 6,5922 | 7,6001 | 7,0050 | ,21912 | 54 |
| Residual | -,51215 | ,44001 | ,00000 | ,17127 | 54 |
| Std. Predicted Value | -1,884 | 2,716 | ,000 | 1,000 | 54 |
| Std. Residual | -2,532 | 2,175 | ,000 | ,847 | 54 |

a. Dependent Variable: Bouwkosten per m2 (2014) (ln)

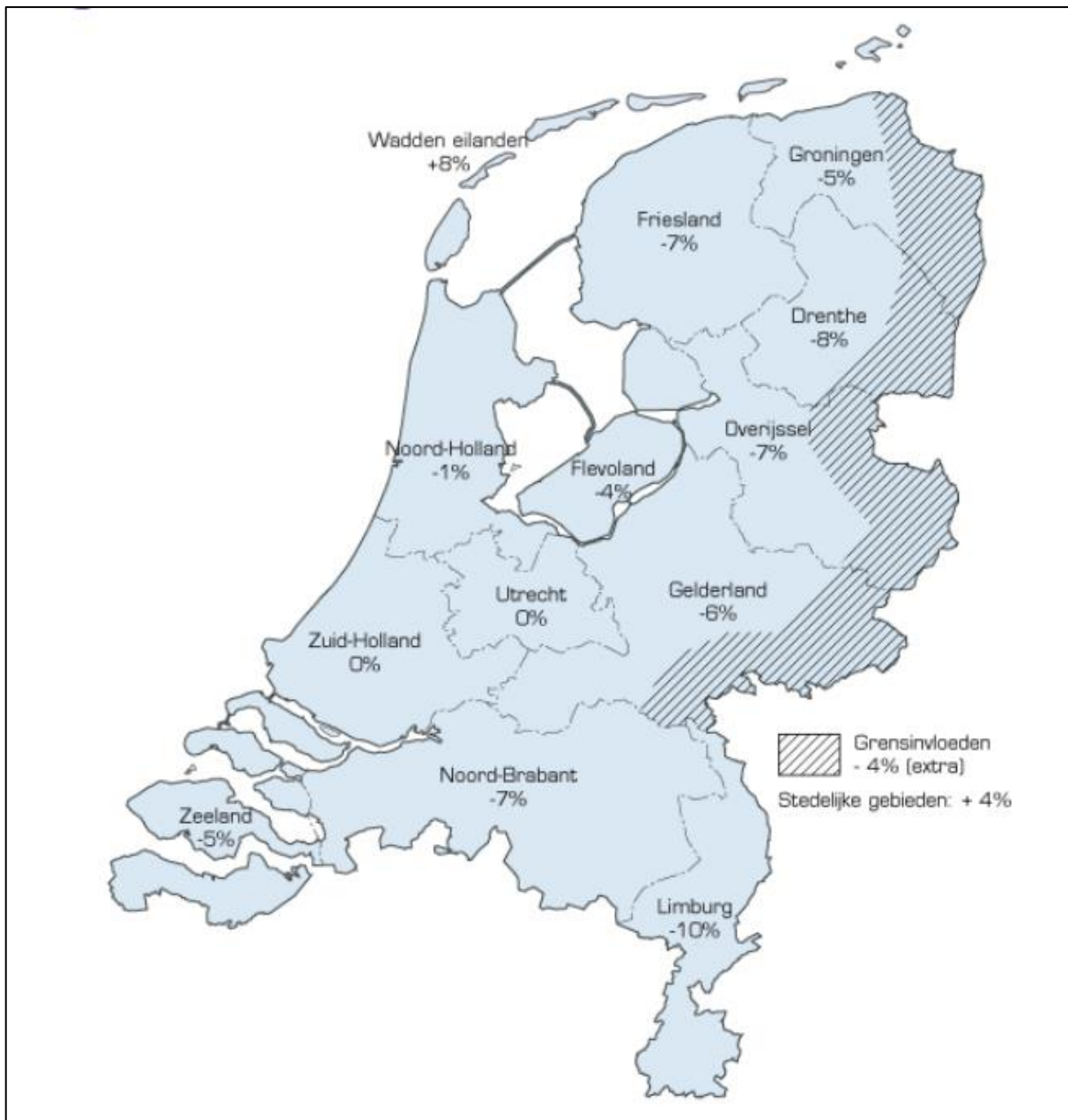
Bijlage 12: Regressiemodel 6 Alternatief

Coefficients^a

| Model | Unstandardized | | Standardized | t | Sig. | Collinearity Statistics | |
|------------------------|----------------|------------|--------------|--------|------|-------------------------|-------|
| | Coefficients | | Coefficients | | | Tolerance | VIF |
| | B | Std. Error | Beta | | | | |
| (Constant) | 9,539 | ,648 | | 14,714 | ,000 | | |
| Bouwhoogte (ln) | 1,031 | ,127 | ,612 | 8,099 | ,000 | ,322 | 3,107 |
| Footprint (ln) | ,474 | ,077 | ,352 | 6,155 | ,000 | ,563 | 1,776 |
| Zeer eenvoudig * hoogt | -,207 | ,083 | -,215 | -2,500 | ,017 | ,249 | 4,017 |
| Eenvoudig * | | | | | | | |
| Bouwhoogte | -,142 | ,071 | -,176 | -2,006 | ,052 | ,239 | 4,178 |
| Complex * Bouwhoogte | -,081 | ,075 | -,097 | -1,078 | ,288 | ,229 | 4,371 |
| Één laag ondergronds | ,255 | ,160 | ,091 | 1,593 | ,119 | ,564 | 1,772 |
| Twee lagen ondergronds | ,600 | ,211 | ,145 | 2,850 | ,007 | ,714 | 1,401 |
| Drie lagen ondergronds | ,552 | ,476 | ,057 | 1,160 | ,253 | ,760 | 1,315 |
| StaalTradi * 20 meter | -,261 | ,205 | -,075 | -1,271 | ,212 | ,534 | 1,874 |
| Vliesgevel * hoogte | ,000 | ,066 | ,000 | -,007 | ,994 | ,759 | 1,318 |
| MetselwerkG_*_Hoogte | ,008 | ,046 | ,009 | ,173 | ,863 | ,631 | 1,585 |
| Betongevel * hoogte | ,008 | ,071 | ,006 | ,113 | ,911 | ,590 | 1,696 |
| Oost-NL * Hoogte | -,037 | ,070 | -,028 | -,529 | ,600 | ,669 | 1,495 |
| Zuid-NL * Hoogte | -,056 | ,046 | -,062 | -1,205 | ,236 | ,683 | 1,465 |
| Noord-NL * Hoogte | -,076 | ,063 | -,064 | -1,205 | ,236 | ,644 | 1,554 |

a. Dependent Variable: BOUWKOSTEN_LOG

Bijlage 13: Regio invloeden Nederland (Bouwkostenkompas, 2015)



REGIOINVLOEDEN VOLGENS BOUWKOSTENKOMPAS.NL BRON: BOUWKOSTENKOMPAS, 2015