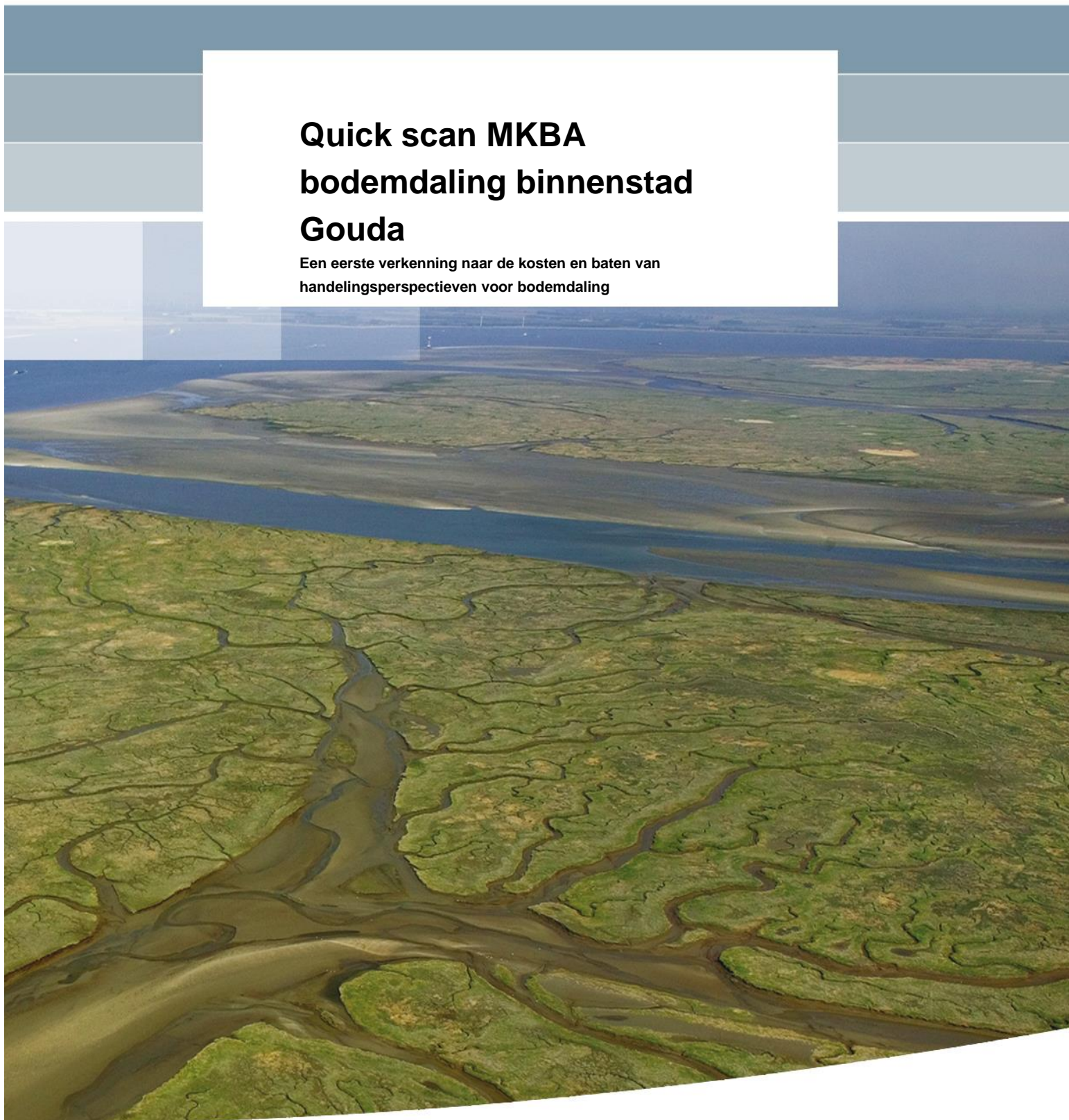


**Quick scan MKBA
bodemdaling binnenstad
Gouda**

Een eerste verkenning naar de kosten en baten van
handelingsperspectieven voor bodemdaling



Oplegger Quick scan MKBA bodemdaling binnenstad Gouda

Saskia Hommes en Sien Kok

Doel & context

In de Quick scan MKBA bodemdaling binnenstad Gouda wordt een eerste beeld geschetst van de ordegrrootte van kosten en baten van twee handelingsperspectieven, 'Hoog Houden' en 'Laten Zakken'. Het gaat hierbij om met opzet sterk gepolariseerde handelingsperspectieven, op hoofdlijnen en met veel aannames. Deze deze quick scan is nog niet volledig. Maatschappelijk effecten zoals bijvoorbeeld cultuurhistorie ontbreken nog. In het perspectief 'Hoog Houden' wordt veel geïnvesteerd in funderingen om panden en infrastructuur op de huidige hoogte te houden (*preventief*). In het perspectief 'Laten zakken' wordt geïnvesteerd om schade of meerkosten door verder zakken zoveel mogelijk te voorkomen of verminderen (*mitigerend/adaptief*). Het doel van de Quick scan MKBA is drieledig:

- Ordegrrootte kosten en baten handelingsperspectieven inschatten: dit is zinvol om de discussie verder aan te scherpen en de problematiek te agenderen.
- Belangrijkste kostenposten identificeren: de Quick scan biedt inzicht in waar de belangrijkste kostenposten te verwachten zijn en dus waar de verdere uitwerking van het dossier zich op zou moeten richten.
- Haalbaarheid handelingsperspectieven: eerste inschatting van de haalbaarheid en waarde van de verschillende handelingsperspectieven.

Een dergelijke MKBA voor bodemdaling in stedelijk gebied is nog niet eerder gedaan. Het rapport moet daarom gezien worden als een eerste "vingeroefening" om de methodiek te ontwikkelen; het hoofddoel is niet een advies te geven over de verschillende handelingsperspectieven. Het geeft waardevolle inzichten en is de opmaat voor verdere invulling daarvan.

Methode

In een MKBA worden kosten en baten van verschillende project- of beleidsoalternatieven tegen elkaar of tegen een nulalternatief afgewogen. Het afwegen tegen een nulalternatief geeft weer hoe (meer)kosten zich ontwikkelen als er geen nieuw beleid wordt ingevoerd. Het bepalen van een nulalternatief is complex, maar waardevol. Door een nulalternatief te formuleren en te kwantificeren, kunnen de baten van handelingsperspectieven (deels) gekwantificeerd worden, als vermeden kosten ten opzichte van het nulalternatief. Dit biedt een betere onderbouwing van de voordelen van 'iets doen' ten opzichte van 'niets doen'. Zo kan de impact van maatregelen worden gekwantificeerd volgens het principe van 'vermeden schade/kosten'.

Het doorrekenen van de handelingsperspectieven 'Hoog houden' en 'Laten zakken' vereist dat deze concreet worden gemaakt. Welke maatregelen worden er nu precies uitgevoerd en op welke termijn? De coalitie is echter nog niet zo ver dat er een scherp beeld bestaat van de handelingsperspectieven en bijbehorende maatregelpakketten. Om toch een beeld te kunnen geven van de mogelijke invulling en kosten en baten van deze handelingsperspectieven worden een aantal aannames gedaan over de maatregelen. Zo werd bijvoorbeeld aangenomen dat het DIT riool in alle gevallen zal worden aangelegd; verschillen zitten met name in wat er met funderingen van panden, wegen en riolering wordt gedaan.

Na het concretiseren van de handelingsperspectieven, wordt vervolgens in een kwalitatieve analyse een eerste indicatie gegeven hoe bij elk van de drie perspectieven (hoog houden, laten zakken en nulalternatief) kosten en effecten zich zullen ontwikkelen ten opzichte van het heden. De belangrijkste posten zijn vervolgens kwantitatief verder uitgewerkt, waarbij onderscheid werd gemaakt in:

- Investerings: in gebouw, wegen en riool); en

- Effecten: (reductie van) schade aan woningen, funderingen, B&O wegen, overlast door werkzaamheden en wateroverlast.

De berekening is gedaan op basis van beschikbare kentallen en expert judgement, en doorgerekend tot 2100 met een discontovoet van 4,5%. Vanwege het quick scan karakter van de analyse is geen gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, zoals gebruikelijk in een volledige MKBA. Er wordt dan een gevoeligheidsanalyse op de impact van verschillende toekomstscenario's (bv. over klimaat, economie, dalingssnelheid) en de belangrijkste onzekerheden in de analyse gedaan om de gevoeligheid van de uitkomsten te beoordelen.

Resultaten en duiding

De quick scan geeft de volgende inschatting van de ordegrrootte van kosten en baten in de verschillende perspectieven:

- Nulalternatief: meerkosten aan infrastructuur, schadeherstel van woningen en funderingen en overlast door werkzaamheden zijn geraamd op *26-40 € miljoen*.
- 'Hoog Houden' perspectief:
 - o investeringen aan het funderen van huizen, wegen en riool geraamd op *57-130 € miljoen*.
 - o Vermeden schade ten opzichte van het nulalternatief is *4 – 11 € miljoen*.
 - o Het baten-kosten *saldo is negatief*: de hoge investeringen in funderingen van panden en infrastructuur wegen niet op tegen de baten.
- 'Laten Zakken' perspectief:
 - o investeringen in adaptieve maatregelen van panden, wegen en huisaansluitingen van het riool geraamd op *7 – 16 € miljoen*.
 - o Vermeden schade ten opzichte van het nulalternatief is *13 – 20 € miljoen*. Hierin is reductie van schade door wateroverlast dominant.
 - o Het baten-kosten *saldo is positief*: investeren in adaptieve maatregelen loont.

Uit de quick scan blijkt verder dat funderingsherstel en wateroverlast de belangrijkste kostenposten zijn. Het ligt voor de hand hier in vervolgonderzoek verder naar te kijken. Tot slot blijkt voornamelijk dat de haalbaarheid van het handelingsperspectief 'Hoog houden' op de lange termijn (2100) op basis van deze eerste verkenning niet erg hoog is vanwege de hoge investeringskosten.

Quick scan MKBA bodemdaling binnenstad Gouda

Een eerste verkenning naar de kosten en baten van handelingsperspectieven
voor bodemdaling

Sien Kok

1230530-002

Titel

Quick scan MKBA bodemdaling binnenstad Gouda

Een eerste verkenning naar de kosten en baten van handelingsperspectieven voor bodemdaling




Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
TKI Living lab Gouda	1230530-002	1230530-002-BGS-0005	68

Trefwoorden

Bodemdaling, binnenstad Gouda, Handelingsperspectieven

Samenvatting

In dit rapport worden de economische consequenties van verschillende handelingsperspectieven betreffende bodemdaling in de binnenstad van Gouda geanalyseerd.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	April 2018	Sien Kok		Femke Schasfoort		Henriette Otter	

Status

definitief

Aan deze studie hebben de volgende personen input verleend en meegedacht:

Robert van Cleef (Sterk Consulting), Gerald Jan Ellen (Deltares), Dick de Jong (KCAF), Rob Hermans (Rioned)

Inhoud

Samenvatting	3
1 Inleiding	8
2 Beschrijving handelingsperspectieven	10
2.1 Stappenplan MKBA	10
2.2 Probleemanalyse	11
2.3 Van scenario's naar handelingsperspectieven	11
2.4 Nulalternatief	13
2.5 Hoog Houden infrastructuur en gebouwen	15
2.6 Gecontroleerd laten Zakken infrastructuur en gebouwen	16
2.7 Overzicht van maatregelen/ activiteiten in alternatieven	17
3 Kwalitatieve analyse	18
3.1 Introductie	18
3.2 Bevindingen kwalitatieve analyse	19
4 Kwantitatieve analyse	27
4.1 Introductie	27
4.2 Kosten en baten	27
5 Discussie & Conclusie	32
5.1 Conclusie	32
5.2 Discussie & vervolgonderzoek	34
6 Referenties	36
Bijlage(n)	
A Appendix	A-1
A.1 Analyse maatschappelijke kosten bodemdaling bestaande rapporten en tools	A-1
A.2 Schadecategorieën gebouwen door bodemdaling	A-1
A.3 Aannames berekening investeringskosten	A-4
A.3.1 Funderingen	A-4
A.3.2 Openbaar terrein	A-7
A.3.3 Wegen	A-8
A.3.4 Riolen	A-10
A.3.5 Watersysteem	A-12
A.3.6 Laten Zakken: waterproof maken woningen	A-13
A.3.7 Tuinen: periodiek ophogen	A-14
A.4 Aannames berekening effecten	A-14
A.4.1 Funderingsschade	A-14
A.4.2 Schade aan gebouw door verschilzetting	A-15
A.4.3 Wateroverlast en vochtindringing	A-17
A.4.4 Hogere beheer on onderhoudskosten wegen	A-20
A.4.5 Hogere beheerkosten kabels en leidingen	A-20

A.4.6	Schade aan riool onder eigen perceel	A-21
A.4.7	Hinder van werkzaamheden (trillings- en geluidsoverlast)	A-22
A.5	Vergelijking met MKBA 'Heel Holland Zakt'	A-24
A.5.1	Resultaten MKBA 'Heel Holland Zakt'	A-24
A.5.2	Vergelijking resultaten	A-25
A.6	Samenvatting thesis N. Postma (2017): Costst of soil subsidence	A-27
A.6.1	Abstract	A-27
A.6.2	Conclusion	A-27
A.7	Vervolgonderzoek: INSAR	A-28

Samenvatting

Achtergrond

Over de economische gevolgen van bodemdaling in stedelijke gebieden is nog weinig bekend. Gevoelsmatig is wel duidelijk dat in dalende gebieden de kosten van beheer en onderhoud aan infrastructuur en andere fysieke 'assets' (zoals gebouwen en monumentale bomen) significant hoger zijn, maar een helder beeld van de economische schade en de sturende mechanismen die schade veroorzaken is er niet. In Nederland is bodemdaling een bekend probleem in de stad, vooral op locaties in het westen van het land op slappe grond. Met de urbanisatie stijgt de complexiteit van stedelijke inrichting. Daarnaast zijn er, zeker in oude stadscentra, vaak monumentale of beschermde panden en is er een complexe ondergrond door eeuwen van menselijke activiteit; deze gemeenten staan voor een lastige opgave.

In de binnenstad van Gouda is er sprake van bodemdaling door inklinking van veen en bovengrondse belasting. Als er niets gedaan wordt, zijn er verschillende economische implicaties: wateroverlast neemt toe, er ontstaat schade aan historische panden o.a. door problemen met funderingen, er zijn gezondheidsrisico's en verschillende infrastructuren zoals riolering en wegen kennen meer incidenten en zijn eerder toe aan vervanging.

Doel

De gemeente Gouda wil voorkomen dat de kosten op lange termijn progressief oplopen en is begonnen met de zoektocht naar oplossingen. In deze zoektocht wordt gebruikt gemaakt van (met opzet) sterk gepolariseerde handelingsperspectieven, op hoofdlijnen en met veel aannames. In perspectief 'Hoog Houden' wordt veel geïnvesteerd in funderingen om panden en infrastructuur op de huidige hoogte te houden (*preventief*). In 'Laten zakken' wordt geïnvesteerd om schade of meerkosten door verder zakken zoveel mogelijk te voorkomen of verminderen (*mitigerend/adaptief*). In deze context is het doel van de Quickscan MKBA drieledig. Ten eerste is het beeld van de ordegrrootte van kosten en baten van de twee handelingsperspectieven zinvol om de discussie verder aan te scherpen en de problematiek te agenderen. Ten tweede biedt de Quickscan inzicht in waar de zwaartepunten in verdere uitwerking van het dossier zouden moeten liggen. Tot slot geeft de analyse een eerste inschatting van de haalbaarheid en waarde van verschillende handelingsperspectieven.

Het is goed te weten dat een dergelijke MKBA voor bodemdaling in stedelijk gebied nog niet eerder gemaakt is. Het rapport moet daarom gezien worden als een eerste "vingeroefening" om de methodiek te ontwikkelen; de analyse is niet geschikt als basis voor een keuze voor een handelingsperspectief of een bepaald samenstelling/ dimensionering hiervan. Daarvoor is verdere uitwerking van de MKBA nodig, en een gevoeligheidsanalyse. OP basis van deze studie is nog niet te zeggen of de resultaten significant zijn.

Van handelingsperspectieven naar alternatieven

In het bestuurlijk proces binnen Gouda zijn drie handelingsperspectieven voor de binnenstad geformuleerd:

- 'Hoog Houden' waarbij infrastructuur en woningen zoveel mogelijk op de huidige hoogte worden gehouden, bijvoorbeeld door te funderen;
- 'Laten Zakken' waarbij op gecontroleerde wijze wordt meebewogen met de bodemdaling;
- 'Compartimenteren' waarbij voor deelgebieden binnen de binnenstad een oplossing op maat (in de richting van Hoog Houden of Laten Zakken) wordt gezocht.

Om in een MKBA effecten van bepaalde handelingen te kunnen vergelijken, moeten deze voldoende concreet zijn. Daarom zijn de handelingsperspectieven ten behoeve van de analyse vertaald naar alternatieven 'Hoog Houden' en 'Laten Zakken' met concrete maatregelen en effecten (Figure 0.1). 'Compartimenteren' is niet meegenomen, omdat deze in dit stadium niet voldoende concreet te maken was. Daarnaast is er een nulalternatief geformuleerd: wat zouden de maatschappelijke kosten zijn als er niet actief een nieuwe weg wordt ingeslagen, maar historisch beleid en bestaande besluiten worden uitgevoerd? Uitgangspunt is hierbij een reactief beleid, waar alternatief 'Laten Zakken' inzet op mitigerende maatregelen (onder daling schade zo veel mogelijk reduceren) en 'Hoog Houden' preventieve maatregelen (schade voorkomen). Door het nulalternatief te formuleren en te kwantificeren, kunnen de baten van de handelingsperspectieven (deels) gekwantificeerd worden: als vermeden kosten ten opzichte van het nulalternatief. Dit biedt een betere onderbouwing van de voordelen van 'iets doen' ten opzichte van 'niets doen' (reactief beleid).

	Nulalternatief	Hoog Houden	Laten zakken
Gemiddelde bodemdaling	3-5 mm/jaar	2-3 mm/jaar	3-5 mm/jaar
Woningen/gebouwen	Periodiek ophogen tuinen	Diepe fundering aanbrengen op ondiep gefundeerde gebouwen Periodiek ophogen tuinen	Preventieve maatregelen ter voorkoming schade door verschilzetting Preventieve maatregelen paalrot houten funderingen 'Waterproofen' van gebouwen Aanpassingen aan woning door hoogteverschil met tuin.
Riool	Vervangen opgeboeid riool voor DIT-riool	Vervangen opgeboeid riool voor DIT-riool Funderen riool	Vervangen opgeboeid riool voor DT-riool Aanleg flexibele huisaansluitingen
Watersysteem	Investeringen in watersysteem voor toekomstige peilverlagingen	Investeringen in watersysteem voor eenmalige peilverlaging van 10 cm.	Investeringen in watersysteem voor toekomstige peilverlagingen
Infrastructuur	Periodiek ophogen openbare ruimte	Wegen op palen zetten (Periodiek) ophogen openbare ruimte	Ophogen openbare ruimte bij sterke verschilzetting (dus niet standaard). Ophogen wegen met licht materiaal

Figure 0.1 Overzicht van aangenomen maatregelen in de alternatieven.

Resultaten MKBA binnenstad Gouda

In de kwalitatieve analyse worden verschillende kostenposten met een getal van 0-5 (0: geen hogere kosten t.o.v. het heden; 5: stijgende kosten) gescoord. Hieruit kwam naar voren dat belangrijkste kostenposten naar verwachting zullen liggen op gebied van funderingen, wateroverlast, infrastructuur (riool en wegen) en schade aan funderingen en panden. In de kwantitatieve analyse zijn daarom met name deze aspecten onderzocht.

In het nulalternatief wordt de 'schade' van bodemdaling tussen €26 en 40 miljoen (CW) geschat (Figuur 0.2). Hierin is meegenomen:

- Periodiek moeten ophogen van tuinen en openbaar terrein;
- Wateroverlast;
- Meerkosten wegonderhoud en kabels en leidingen
- Herstellen van schade aan funderingen en woningen.

In alternatief 'Hoog Houden' (Figuur 0.3): De investeringskosten van de maatregelen wegen niet op tegen de mate waarin ze meerkosten en schade in het nulalternatief voorkomen;

- Het funderen van woningen, wegen en riool kost €57-130 miljoen, tegen baten van €4,5-11 miljoen;
- Wel zijn er een aantal niet-gekwantificeerde baten zoals langere levensduur van wegen en betere leveringszekerheid. De verwachting is echter niet dat niet-gekwantificeerde baten zullen opwegen tegen deze investeringskosten.

Figuur 0.2 Meerkosten en schade gerelateerd aan bodemdaling in het nulalternatief

Nulalternatief		
Kostenpost	Laag	Hoog
Periodiek ophogen openbare ruimte	-0,2	-1,7
Houten paalfunderingen herstellen	-3,8	-9,7
Schade aan woningen door ongelijke bodemdaling	-0,9	-2,9
Schade door wateroverlast (incl wegen; woningen; groen)	-14,5	-14,5
Periodiek ophogen tuinen	-2,1	-2,5
Overlast door werkzaamheden infrastructuur	-2,9	-2,9
Overlast door werkzaamheden funderingsherstel	-0,1	-0,1
Meerkosten B&O wegen t.o.v. benchmark	-1,6	-5,3
Meerkosten B&O K+L t.o.v. benchmark	-0,1	-0,2
Totaal meerkosten (CW) *€ mln	-26	-40

In alternatief 'Laten Zakken':

- In alternatief 'Laten Zakken' zijn de investeringskosten voor preventieve maatregelen € 7 tot €16 miljoen. Hierbij gaat het om het waterproof maken van woningen, voorkomen van ernstige gebouwschade door verschilzetting en het aanleggen van flexibele huisaansluitingen voor het riool.
- De gekwantificeerde baten ten opzichte van het nulalternatief zijn €13 tot €20 miljoen. De kosten-baten balans komt hiermee op € 6 tot € 4 miljoen. Daarnaast zijn er nog niet-gekwantificeerde baten zoals reductie van gezondheidsrisico's door vocht, een betere leveringszekerheid en mogelijke stabilisering van woningprijzen worden meegerekend lijkt dit een aantrekkelijk alternatief.

- Het Laten Zakken alternatief heeft dus een positief saldo op basis van de in deze MKBA meegenomen posten en lijkt op basis van deze resultaten een economisch verantwoord alternatief.

Er is geen gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op de bovenstaande resultaten: hoe significant deze uitkomsten zijn is niet bekend. Het is mogelijk dat de resultaten in de binnen de foutmarge vallen, en dat er bijvoorbeeld van alternatief Laten Zakken toch geen economische rationale is.

Figuur 0.3 Overzicht van kosten en baten in alternatieven 'Hoog Houden' en 'Laten Zakken'

Categorie		Maatregel/ effect	Hoog Houden		Laten zakken		
			Laag	Hoog	Laag	Hoog	
Investeringskosten	Gebouw	Aanleggen diepe fundering	-38,2	-53,5			
		Mitigerende maatregelen voorkomen scheurvorming			-1,6	-4,4	
		Water proofen van gebouwen			-3,8	-7,6	
	Weg	Drijvende wegen/ weg op paalmatras	-17,8	-74,8	-1,3	-2,1	
	Riool	Riool funderen	-1,1	-2,2			
		Flexibele huisaansluiting riool aanleggen			-0,6	-1,7	
	K+L	Kabels en leidingen vervangen en op palen zetten	--	--			
		Flexibele kabels en leidingen aanleggen			-	-	
	Totaal Investeringskosten (CW) * mln euro			-57,1	-130,48	-7,2	-15,9
	Effecten	Impact handelingsperspectieven t.o.v. nulalternatief	Reductie schade aan woningen door ongelijke zetting	0,8	2,4	0,8	2,6
Reductie benodigde ophoging tuin			0,5	0,6			
Reductie benodigde investering watersysteem			+	+			
Reductie benodigde herstelkosten houten			0,4	0,9	0,4	0,9	
Reductie wateroverlast			0,7	1,5	9,8	9,8	
Reductie jaarlijkse B&O kosten wegen			1,6	5,3	1,6	5,3	
Reductie periodiek op hoogte houden openbaar terrein			0,02	0,03	0,2	1,5	
Effect overlast door werkzaamheden infrastructuur			0,7	0,7	0,1	0,1	
Effect overlast door werkzaamheden funderingsherstel			-0,2	-0,2	0,0	0,0	
Reductie schade aan K+L			++	++	+	+	
Reductie kosten vervangingsonderhoud weg			++	++	++	++	
Gezondheidsoverlast door schimmel/ vocht					+	+	
Leveringszekerheid			++	++	+	+	
Woningwaarde			++	++	+	+	
Aanpassingen woningen/gebouwen aan lagere tuinen/ openbare ruimte					-	-	
Gezondheidsoverlast door stress			?	?	?	?	
Totaal effecten (CW) * mln euro			4,4	11,2	12,7	20,2	
Kosten-baten balans (NCW) * mln euro			-53	-119	6	4	

Welvaartsverdeling

Het draagvlak en de haalbaarheid van de perspectieven is hangt onder andere af van wie moet investeren, en waar de baten vallen. Hieronder voor de belangrijkste stakeholders in het gebied een overzicht.

Huiseigenaren staan in het nulalternatief aan de lat voor het herstel van houten paalfunderingen en schade die ontstaat door ongelijkmatige zetting (met name bij panden die een muur delen maar verschillend gefundeerd zijn). In 'Hoog Houden' moet bijna de helft van de woningen diep gefundeerd worden – naar schatting zijn in de binnenstad de helft van de panden op staal of houten palen gefundeerd. In 'Laten Zakken' moeten woningen waterdicht gemaakt worden, er een flexibele rioolaansluiting worden aangelegd en ernstige zettingschade worden voorkomen met ingrijpende maatregelen. In meer of mindere mate is er in alle alternatieven sprake van hinder van werkzaamheden, leveringsonderbreking, wateroverlast en gezondheidsschade (door stress of schimmel). Wel is het zinvol te noemen dat de draagkracht sterk kan verschillen per type huiseigenaar – bijvoorbeeld een woningcorporatie versus een individuele eigenaar.

De *Gemeente* heeft in het nulalternatief hogere kosten aan beheer en onderhoud van infrastructuur in vergelijking met de rest van Nederland; in 'Hoog Houden' investeert ze flink vooraf om toekomstige kosten te drukken. In 'Laten Zakken' zijn de kosten relatief laag – daar zijn het de huiseigenaren die aan de lat staan voor flexibele riool-huisaansluitingen.

Waterschap en Gemeente staan samen aan de lat om met name in het nulalternatief en 'laten zakken' maatregelen te nemen om de drooglegging te behouden en ervoor te zorgen dat het maaiveld niet onder het oppervlaktewaterpeil zakt.

Nutsbedrijven hebben in nulalternatief hoge kosten aan het onderhouden van hun assets in Gouda: in 'Hoog Houden' en 'Laten zakken' investeren ze vooraf om in de toekomst lagere onderhoudskosten te hebben.

Algemene lessen

- Het bepalen van het nulalternatief is complex, maar waardevol. Zo kan de impact van maatregelen worden gekwantificeerd volgens het principe van 'vermeden schade/kosten'. Het vaststellen van het nulalternatief is complex door de vele onzekerheden waarmee bodemdaling omgeven is.
- Het lijkt in de context van bodemdaling zinvol om naast het generieke welvaartsperspectief ook de verdelingseffecten in kaart te brengen: bij wie vallen de kosten en baten van alternatieven (of zelfs gericht; maatregelen). Dit kan een waardevolle bijdrage leveren aan het besluitvormingstraject, daar in – vooral historisch - stedelijk gebied de bestuurlijke opgave voor bodemdaling erg complex is. In dit kader kan het ook interessant zijn om kleinere (niet-significante) posten toch kwantitatief te waarderen.
- Resultaten van de MKBA kunnen tot input dienen om prioriteiten in het verdere (onderzoeks)proces te stellen, of een nieuw alternatief te vormen. Hierbij kan een kosteneffectiviteitsanalyse van enkele maatregelen, of varianten binnen maatregelen, een waardevolle toevoeging zijn.
- In deze MKBA was geen ruimte voor het meenemen van toekomstscenario's. Met de vele onzekerheden waarin bodemdaling – en stedelijke en klimatologische ontwikkelingen – zich omgeven zien, is het raadzaam dit wel te doen. Dit zou zich bijvoorbeeld kunnen uiten in het ontwikkelen van meerdere nulalternatieven.

1 Inleiding

Achtergrond

De gemeente Gouda is één van de steden waar bodemdaling leidt tot grote uitdagingen en hogere kosten van gemeente, burger en bedrijfsleven. Zo is er nu al sprake van wateroverlast en zeer hoge kosten voor het beheer van boven – en ondergrondse infrastructuur en op wat langere termijn ontstaan grote uitdagingen op het gebied van funderingen, de kwaliteit van woningen en tuinen, het behoud van cultureel erfgoed en gezondheid.

De coalitie Stevige Stad op Slappe Bodem is bezig met het ontwikkelen van handelingsperspectieven – hierbij is de historische binnenstad gekozen tot icoonproject. Een belangrijk element in het ontwikkelen van handelingsperspectieven betreft de kosten en baten. Een doelmatige strategie minimaliseert kwetsbaarheden tegen de laagste maatschappelijke kosten. In de publieke sector wordt een analyse hiervan veelal gedaan op basis van een Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA). In een MKBA wordt naast directe financiële kosten, zoals schade door verzakking, ook naar bredere welvaartseffecten gekeken, zoals hinder en verminderde belevingswaarde. Om die reden is in 2016 door studenten van Hogeschool Saxion een adviesrapport geschreven (Vries et al. 2016) met onder andere een MKBA op hoofdlijnen van de handelingsperspectieven voor de historische binnenstad van Gouda. In dit rapport wordt voort gebouwd op deze eerdere MKBA. Belangrijke aannames zijn aangepast aan de hand van voortschrijdend inzicht en waar mogelijk uitgebreid.

Opdracht Deltares

Deltares is samen met andere partijen betrokken bij de ontwikkeling van handelingsperspectieven, waar met TKI subsidie wordt gewerkt aan inzicht verkrijgen in:

1. Bodemdaling in relatie tot grondwaterstand;
2. Economie van bodemdaling;
3. Governance oplossingen voor bodemdaling.

Voor u ligt het rapport over dit tweede spoor, 'economie van bodemdaling'. Het doel van dit rapport is drieledig:

- Ten eerste is het beeld van de ordegrrootte van kosten en baten van de twee handelingsperspectieven zinvol om de discussie verder aan te scherpen en de problematiek te agenderen.
- Ten tweede biedt de Quickscan inzicht in waar de zwaartepunten in verdere uitwerking van het dossier zouden moeten liggen.
- Tot slot geeft de analyse een eerste inschatting van de haalbaarheid en waarde van verschillende handelingsperspectieven.

Daarnaast is goed te weten dat een dergelijke MKBA voor bodemdaling in stedelijk gebied nog niet eerder gemaakt is. Het rapport is daarmee een eerste “vingeroefening”, die tot input

Specifiek voor bodemdaling is dat er veel verschillende stakeholders zijn voor wie de welvaartsverdeling van belang is. In deze studie wordt dan rekening gehouden met de vraag welke kosten en baten bij welke partij terecht komen. Bodemdaling in het stedelijk gebied is complex. Niet alleen vanwege het aantal stakeholders, maar ook omdat het vaak gaat om lange termijn projecten en er op veel vlakken onzekerheden over toekomstige ontwikkelingen bestaan.

kan dienen voor een mogelijke te ontwikkelen algemeen toepasbare MKBA-aanpak voor

(stedelijke) bodemdalingsvraagstukken. In reeds bestaande tools en rapporten over bodemdaling ligt de nadruk overwegend op financiële kosten voor overheden en huiseigenaren, zoals hogere onderhoudskosten van publieke infrastructuur, peilbeheer en funderingsherstel. Hiermee blijft een deel van de welvaartseffecten buiten beeld.¹

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de MKBA methodiek kort beschreven en worden de handelingsperspectieven – gebaseerd op eerder gehouden workshops met stakeholders – en het nulalternatief beschreven. In hoofdstuk 3 wordt de kwalitatieve analyse beschreven, in hoofdstuk 4 worden belangrijke punten waar mogelijk gekwantificeerd. Hoofdstuk 5 bevat een algemene conclusie en discussie van de resultaten.

¹ Zie bijlage A.1

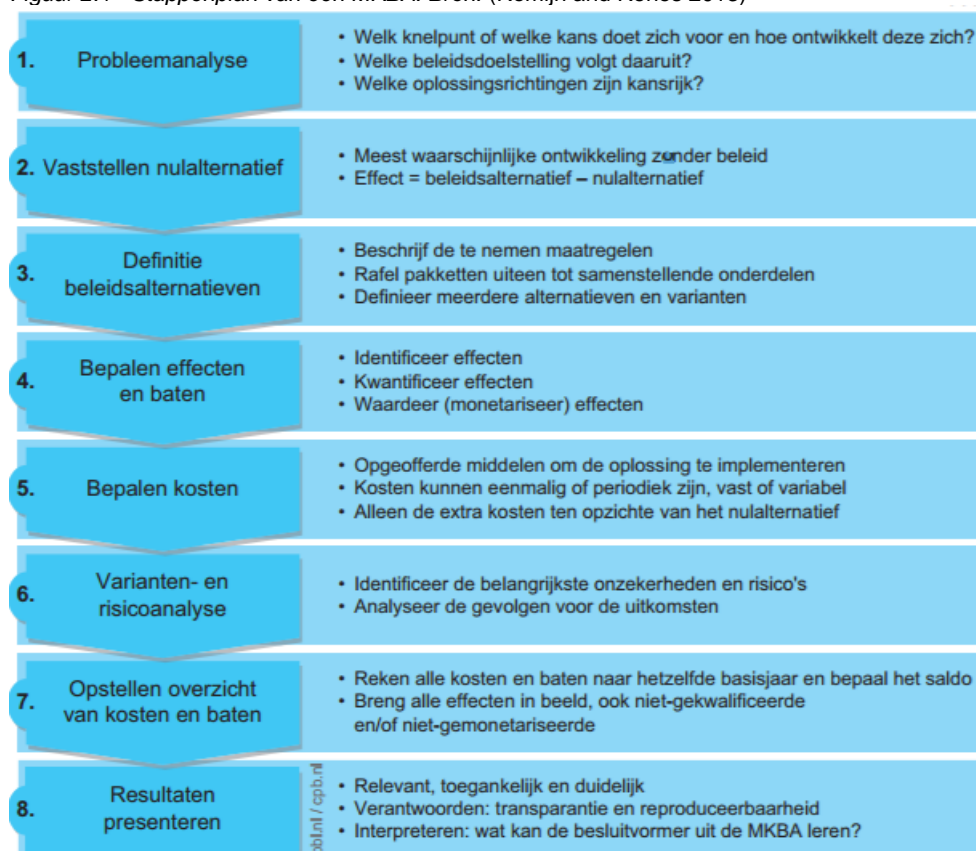
2 Beschrijving handelingsperspectieven

In dit hoofdstuk worden de handelingsperspectieven beschreven. Belangrijke noot hierbij is dat het gaat om met opzet sterk gepolariseerde handelingsperspectieven, op hoofdlijnen en met veel aannames. De coalitie is op dit moment nog niet zo ver dat de mogelijkheden voldoende uitgekristalliseerd zijn om een scherp beeld te hebben van de handelingsperspectieven en bijbehorende maatregelpakketten. Om toch een beeld te kunnen geven van de mogelijke invulling van deze handelingsperspectieven worden hieronder een aantal aannames gedaan. Deze zijn gebaseerd op de eerdere aannames in MKBA 'Heel Holland Zakt', twee werksessies die in het 'governance' spoor van het TKI project (Hommes 2017) gehouden zijn en voortschrijdend inzicht. Eerst volgt een korte uitleg van de MKBA-methodiek in de context van Gouda, vervolgens worden de handelingsperspectieven beschreven. In hoofdstuk 3 worden verschillen met de MKBA 'Heel Holland Zakt' die hieruit volgen nader beschreven.

2.1 Stappenplan MKBA

Een MKBA volgt traditioneel de volgende stappen (Figuur 2.1).

Figuur 2.1 *Stappenplan van een MKBA. Bron: (Romijn and Renes 2013)*



In de probleemanalyse wordt een eerste scan gemaakt van het probleem (of bestaande kans) en mogelijke oplossingsrichtingen. Vervolgens wordt het nulalternatief vastgesteld – daarin wordt beschreven wat de meest waarschijnlijke ontwikkeling is zonder dat er een actieve beleidsverandering plaatsvindt. Bestaand beleid en voorgenomen maatregelen waarvan de uitvoering vrijwel onontkoombaar is worden hierin meegenomen. In de volgende stap worden de beleidsalternatieven verder gedefinieerd: dit kan bijvoorbeeld bestaan uit verschillende pakketten van maatregelen. Vervolgens worden de welvaartseffecten van deze alternatieven nader uitgewerkt – eerst kwalitatief, vervolgens kwantitatief en waar mogelijk monetair gewaardeerd. Hierna worden de kosten voor het uitvoeren van het alternatief bepaald. Eventueel aangevuld met een onzekerheidsanalyse wordt vervolgens het welbekende overzicht van kosten en baten opgesteld. Hierbij krijgen niet alleen de gemonetariseerde posten een plek, maar ook de niet-gemonetariseerde. Dat gebeurt bijvoorbeeld door er een 'PM'-post (pro memorie – te onthouden) van te maken, of met + of – een richting aan het effect te geven.

Om kosten en baten over de tijd met elkaar te kunnen vergelijken – mensen hebben een voorkeur voor een euro vandaag boven een euro in de verre toekomst - wordt gebruik gemaakt van een zogeheten 'discontovoet': in navolging van de MKBA-richtlijnen wordt 4,5% gebruikt. Kosten en baten worden doorgerekend tot 2100.

2.2 Probleemanalyse

De gemiddelde daling in lagere delen van de binnenstad van Gouda is 3 mm/jaar; de variatie is echter groot. In het publieke domein neemt schade aan en disfunctioneren van ondergrondse en bovengrondse infrastructuur en voorzieningen toe. In het private domein is er toenemend risico op wateroverlast, gezondheidsschade door vocht, schade aan panden door funderingsschade en verschildzetting. Het aantal woningen in de binnenstad op houten paalfunderingen – deze hebben in principe allen kans op funderingsschade – is volgens de laatste inschatting 450 (Groenendijk 2017)². Om progressief oplopende kosten in de toekomst te voorkomen of verminderen, wordt op initiatief van de gemeente Gouda en het Hoogheemraadschap van Rijnland in een brede coalitie gezocht naar het optimale handelingsperspectief. Daarnaast wordt in het Living Lab Bodemdaling gemeten en gemonitord om kennis over het watersysteem en daling te verbeteren.

2.3 Van scenario's naar handelingsperspectieven

In 2015 en 2016 heeft Deltares met de coalitie Stevige Stad op Slappe Bodem gewerkt aan handelingsperspectieven voor bodemdaling, in eerste instantie gericht op het historisch stadscentrum (Seijger and Verheijen 2016). Dit heeft geresulteerd in 4 scenario's / kwadranten waarbinnen handelingsperspectieven kunnen worden uitgewerkt (Figuur 2.2). Langs de verticale as zijn de scenario's:

- Hoog Houden: bodemdaling zo veel mogelijk minimaliseren
- Laten zakken: bodemdaling door laten gaan en maatregelen nemen om de schade zo veel mogelijk te beperken.

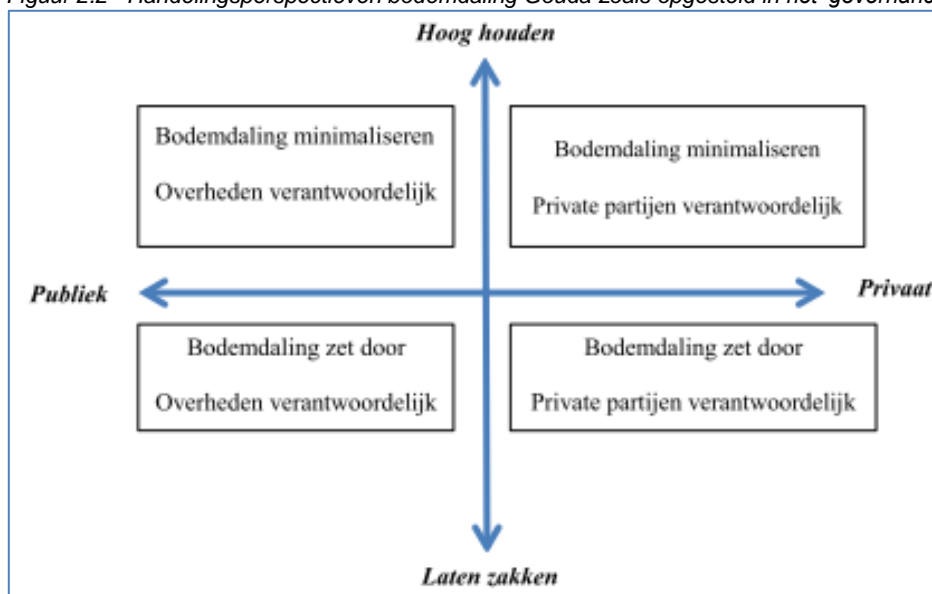
Langs de horizontale as is er de keuze om in te zetten op privaat of publiek handelen. Beleid over funderingen kan bijvoorbeeld zijn dat de overheid het herstel coördineert en mogelijk (deels) betaalt of het herstel stuurt door regelgeving en eisen. Deze dimensie is niet meegenomen in deze MKBA.

² Notitie Actualisatie BAG Gouda (2017)

Daarbij gaat de keuze tussen de governance van het geheel – waar liggen welke verantwoordelijkheden. Het proces dat hierover gaande is wordt in eerste instantie gericht op de naar verwachting grootste kostenposten of sturende mechanismen:

- Funderingen van huizen;
- Onderhoud en aanleg wegen;
- Riolering;
- Beheer van oppervlaktewater
- Beheer van grondwater

Figuur 2.2 Handelingsperspectieven bodemdaling Gouda zoals opgesteld in het 'governance-spoor'



In het verlengde van deze perspectieven zijn een aantal alternatieven benoemd, waarin maatregelen zo concreet mogelijk worden beschreven. Naast het nulalternatief gaat het om de alternatieven 'Hoog Houden' en 'Laten Zakken'. Deze alternatieven worden in de volgende paragrafen verder uitgewerkt.

In eerdere rapporten wordt ook over het perspectief 'compartimenteren' gesproken. Dit bestaat uit een combinatie van 'Hoog Houden' en 'Laten Zakken' waarbij lokaal wordt bekeken wat de beste oplossing is. Dit perspectief is in deze studie niet meegenomen. De reden hiervoor is dat het in dit stadium erg complex is een voldoende concrete invulling te geven aan dit perspectief om het economisch te kunnen beoordelen. In de praktijk is het goed denkbaar dat uiteindelijk (een variant van) compartimenteren wordt gekozen als alternatief.

2.4 Nulalternatief

Het nulalternatief is de meest waarschijnlijke ontwikkeling wanneer er geen nieuw beleid wordt vastgesteld. Idealiter worden er nog een nulalternatief ontwikkeld, waarin ook externe ontwikkelingen worden meegenomen. In deze studie is dit in verband met beperkte tijd niet meegenomen³.

Voor de binnenstad van Gouda zijn de kernpunten van het nulalternatief:

- Het uitvoeren van het voorgenomen rioleringsbeleid (vervangen opgeboeid riool);
- Het periodiek aanpassen van het waterpeil aan de bodemdaling (om te voorkomen dat het maaiveld onder het oppervlaktewaterpeil zakt);
- Het ad hoc aanpassen en herstellen van panden en funderingen in geval van schade
- Het accepteren van hogere kosten voor aanleg en beheer van boven- en ondergrondse infrastructuur.

Het uitgangspunt in het nulalternatief is een reactief beleid.

Tempo bodemdaling

In de afgelopen decennia is het waterpeil periodiek verlaagd om mee te zakken dalende bodem. Hoewel voorspellingen over toekomstige daling door onzekerheid zijn omgeven, nemen we ten behoeve van de MKBA aan dat bij gelijkblijvend beleid de bodemdaling in de binnenstad zal doorzetten tot maximaal 0,5 centimeter per jaar op sommige locaties; op basis van gemeten data is de verwachte gemiddelde daling in de binnenstad 3-5 mm per jaar (Hommes 2017)⁴. Met deze zettingssnelheden zal over 50 jaar gemiddeld 15-25 cm gezakt zijn en over 100 jaar 30-50 centimeter. In het grootste deel van de binnenstad ligt op het veen een dikke ophooglaag van voornamelijk puin, ontstaan door eeuwen van sloop en bouw. Deze ophooglaag kan niet oxideren: het veen eronder wel als de grondwaterspiegel te ver daalt. OP dit moment staat het merendeel van het veen permanent onder water; veenoxidatie vindt niet tot weinig plaats. Daling komt grotendeels dus niet zozeer door veenoxidatie maar door restzetting en nog onbegrepen mechanismen. Het is lang geleden sinds het peil in de binnenstad is verlaagd: het oppervlaktewater staat dan ook erg hoog, met regelmatige overstromingen tot gevolg. Aangenomen wordt dat het peil op korte termijn (2020) 10 centimeter zal worden verlaagd om een grotere buffer te hebben⁵. In de toekomst zal het peil periodiek opnieuw worden verlaagd om de drooglegging in stand te houden.

³ Het hier geïntroduceerde nulalternatief is door de onderzoekers als voorzet t.b.v. de analyse opgesteld en waar mogelijk afgestemd met de betrokkenen. Nadere verfijning is gewenst.

⁴ Het is moeilijk uitspraken doen over de dalingsnelheid. Op basis van nu beschikbare gegevens lijkt het redelijk aan te nemen dat de gemiddelde zetting 3 mm per jaar is in de lagere delen van de stad: er is echter een grote variatie in de beschikbare meetgegevens. Om voldoende onderscheid te maken tussen de alternatieven is hier (i.o.m. Henk Kooi, Deltares), de aanname gedaan dat gemiddelde daling in de binnenstad tussen 3-5 mm/ jaar ligt .

⁵ In de binnenstad is het peil al lang niet meer verlaagd. Of een peilverlaging noodzakelijk of wenselijk is, is nog een betwist punt. Mogelijk is de oplossing ook in andere richting te vinden, zoals meer bergingsruimte creëren in openbaar groen en tuinen. Dit punt moet nader worden

Riool

Het huidige riool in de binnenstad is relatief oud; het treffen van maatregelen is urgent en is op sommige plaatsen al gaande. Deze kunnen door de complexiteit van het gebied divers van aard zijn: bijvoorbeeld vervangen of 'relinen' of lokaal repareren van het riool (Schot et al. 2015). In de komende jaren zal in de binnenstad worden gewerkt aan het vervangen van het huidige opgeboeide rioolstelsel door een DIT-riool (drainage, infiltratie transport). In de rest van Gouda wordt hier reeds aan gewerkt⁶. Aangenomen is dat in de binnenstad net als in de rest van de stad wordt gekozen voor een gescheiden DIT-riool: drainage en infiltratie. Hiermee kan worden gestuurd op het voorkomen van grondwater over- en onderlast. Aangenomen wordt dat de vervangingswerkzaamheden in fasen zullen plaatsvinden gedurende 20 jaar. Een aandachtspunt bij DIT riolen zijn afzettingen van ijzer en bacteriën door wisselende oxidische omstandigheden (*persoonlijke communicatie Rob Hermans, Rioned*). In welke mate dit voor kan komen hangt sterk af van het beheer en onderhoudsregime.

Infrastructuur en gebouwen

Door ongelijke funderingstypen en onregelmatigheden in de ondergrond zullen gebouwen door ongelijkmatige zetting 'van elkaar scheuren' of anderszins last ondervinden van schade aan de woning of het pand. De schade zal naar verwachting worden hersteld door huiseigenaren (tenzij de schade hoger is dan de waarde van het gebouw). In gevallen van paalrot bij houten paalfunderingen zullen herstelwerkzaamheden plaatsvinden – na 3 tot 4 peilverlagingen (90 tot 120 jaar, uitgaande van een peilverlaging eens in de 30 jaar) wordt aangenomen dat al deze panden aan de beurt geweest zijn⁷. Daarnaast zullen bij onveranderd beleid op den duur de diep gefundeerde panden 'omhoog komen' (zie ter illustratie Figuur 2.3). Om panden die wel meezakken niet te begraven is het ophogen van infrastructuur en wegen geen oplossing. Om te voorkomen dat omhoog gekomen woningen niet onbereikbaar worden, moeten er soms ingrijpende aanpassingen aan de woning worden gedaan (bijvoorbeeld aanleg van een souterrain of trapje naar de voordeur).

Voor de analyse wordt aangenomen dat onderhoudskosten voor bovengrondse infrastructuur zoals wegen, bruggen en openbare ruimte in het nulalternatief nagenoeg gelijk blijven. Onderhouds – en/of herstelkosten aan ondergrondse kleine infrastructuur (gas, water, elektra, energie) zijn op dit moment in de binnenstad naar verwachting hoger dan gemiddeld in Nederland. De verwachting is dat deze kosten gelijk blijven of stijgen in het nulalternatief. Wel bestaat er door afscheuring van ondergrondse infrastructuur onder andere kans op gasexplosies en lekkages van drinkwaterleidingen. Dit brengt additionele kosten en risico met zich mee.



Figuur 2.3 Uiverplein in Gouda (niet in de binnenstad). Bron: (RPS 2017)

⁶ http://cyclusnv.nl/sites/cyclusnv.nl/files/files/Opgeboeid_riool_jun12.pdf

⁷ Dit behoeft wel nadere analyse. Veel van deze panden staan er al een paar honderd jaar, zonder (ons bekende) ernstige funderingsproblemen. Het is dus de vraag of inderdaad alle funderingen op termijn moeten worden vervangen, en welke omstandigheden het degradatieproces kunnen versnellen of vertragen.

Watersysteem

Naar verwachting wordt de problematiek met wateroverlast in de toekomst erger door heviger buien en steeds lager gelegen panden. Op dit moment staat het centrum al vaak onder water (verwijzing verslag werksessie #1); met name bij de Turfmarkt is weinig ruimte om het water te bergen. Bij hevige korte of langdurige regenval vindt er daarom op dit moment externe overstort plaats uit het gemengde, opgeboeide riool (Schot et al. 2015). Als een gescheiden DIT-riool wordt aangelegd zal dit in de binnenstad mogelijk de druk op het oppervlaktewatersysteem verder verhogen: regenwater wordt directer op oppervlaktewater geloosd in plaats van via het rioolstelsel verwerkt⁸. Het voordeel is dat er minder risico is op overstroming vanuit het gemengd rioolstelsel in woningen en op straat met verminderde gezondheidsrisico's als gevolg.

Op dit moment is er voldoende gemaalcapaciteit om peilverlaging te realiseren: extra kosten voor een peilverlaging bestaan uit hogere energiekosten vanwege een hogere opvoerhoogte. Door de verder gaande gedifferentieerde bodemdaling ontstaat een scherper reliëf in het landschap. Zonder ingrepen (zoals ophogen) kan dit leiden tot nattere en drogere delen in de binnenstad.

Externe invloeden/onzekerheid

De energietransitie brengt de ambitie om af te koppelen van het gasnetwerk. Aangenomen wordt dat dit wordt meegenomen met vervangingswerkzaamheden van het riool – hierdoor zal de verwachte schade aan gasleidingen door daling afnemen over de tijd.

2.5 Hoog Houden infrastructuur en gebouwen

In dit alternatief wordt in plaats van reactief beleid, een sterk preventief beleid gevoerd. Infrastructuur, woningen en openbare ruimte worden zoveel mogelijk gefixeerd op hun huidige hoogte, door te funderen en op te hogen. Hiermee wordt schade en hogere onderhoudskosten door zetting zoveel mogelijk voorkomen. Ook in 'Hoog Houden' wordt een DIT riool geïnstalleerd.

Waar mogelijk worden woningen en onder – en bovengrondse infrastructuur gefundeerd. Het grondwaterpeil zal nog één keer wordt verlaagd, zodat tijdens de duur van de werkzaamheden het maaiveld niet onder het oppervlaktewaterniveau zakt. Omdat de zetting in de binnenstad grotendeels door restzetting lijkt te komen – en de wisselwerking tussen grondwaterstand en oppervlaktewater zwak zijn, kan de bodemdaling niet geheel voorkomen worden. Om toch een beeld te krijgen van de invloed van een lagere bodemdaling op de handelingsperspectieven, wordt aangenomen dat met minder peilverlaging bodemdaling enigszins beperkt wordt tot gemiddeld 2-3 mm per jaar: over 50 jaar is de binnenstad 10-15 cm gedaald; over 100 jaar 20-30.

Infrastructuur en gebouwen

De houten funderingen in het hoger gelegen deel van de binnenstad zullen een eenmalige peilverlaging mogelijk niet zonder schade doorstaan; in welke mate dit het geval is, is moeilijk te zeggen. Daarom wordt aangenomen dat 50 -100% van de funderingen zal moeten worden hersteld. Gebouwen die geen diepe funderingen hebben – en dus meezakken met bodemdaling, zullen worden gefundeerd – dit traject duurt 20 jaar. Daarnaast worden wegen

⁸ Dit moet nader worden onderzocht. Over het algemeen wordt aangenomen dat wateroverlast verminderd bij gescheiden riolering. Of dat in de binnenstad, waar al zeer hoge oppervlaktewaterstanden zijn, ook zo is, is de vraag.

op palen gezet, wordt het riool gefundeerd om schade aan huisaansluitingen te voorkomen en wordt de openbare ruimte periodiek opgehoogd. Bewoners zullen hun tuin regelmatig zelf moeten ophogen.

Het op hoogte brengen van alle elementen zal stapsgewijs per gebied gebeuren. Dit betekent dat er per gebied jaren van bouwwerkzaamheden zullen plaatsvinden aan riool (tot 2035), funderingen, wegen, openbare ruimte en ondergrondse kleine infrastructuur (water, gas, elektra en internet).

Watersysteem

Voor de eerste peilverlaging zijn dezelfde investeringen als het nulalternatief nodig, daarna zijn geen nieuwe investeringen voor peilverlagingen nodig. Door het Hoog Houden van belangrijke infrastructuur en gebouwen daalt het risico op wateroverlast in de binnenstad op termijn (nadat het 'ophoogproces' is afgrond). Hierbij is de aanname dat alle elementen met economische/ culturele waarde op hoogte worden gehouden⁹.

2.6 Gecontroleerd laten Zakken infrastructuur en gebouwen

In dit alternatief is het uitgangspunt om de binnenstad op gecontroleerde wijze mee te laten bewegen met de bodemdaling – om schade te beperken worden preventieve maatregelen uitgevoerd.

De drooglegging wordt zoveel mogelijk gehanteerd door net als in het nulalternatief eens in de zoveel tijd het peil te verlagen, en daarnaast worden er maatregelen getroffen om de effecten door ongelijke zakking zo veel mogelijk te verminderen. Overstromingsschade wordt waar mogelijk gemitigeerd. Net als in het nulalternatief zal de bodem met gemiddeld 3-5 mm/jaar zakken.

Infrastructuur en gebouwen

Gebouwen die een muur met verankerde dilatatie delen met een gebouw met andere zettingssnelheid worden gesignaleerd door monitoring en van elkaar losgehaald. Het opgeboeide riool wordt vervangen voor een DIT riool; met flexibele huisaansluitingen die een verschilzetting tot 30 cm kunnen opvangen (*persoonlijke communicatie Didrik Meijer, Deltares*). Openbaar terrein zal niet worden opgehoogd (op enkele kleine delen met sterke verschilzetting na); de woningen op diepe palen zullen hierdoor hoger komen te staan¹⁰. Hier kunnen bijvoorbeeld souterrains worden aangelegd en zal het op den duur nodig zijn trapjes te maken naar de voordeur. Waar mogelijk worden kelders en begane grond van woningen en gebouwen waterbestendig gemaakt.

Watersysteem

Dezelfde investeringen als in het nulalternatief zijn nodig om de peilverlagingen te kunnen doorvoeren.

⁹ Als er toch plekken zijn die niet periodiek worden opgehoogd, leidt dit lokaal tot vernatting met een mogelijke toename van ongedierte zoals muggen en ratten [Werksessie #1 governance spoor].

¹⁰ In eerdere sessies en de MKBA van (Vries et al. 2016) werd er vanuit gegaan dat deze woningen van hun diepe fundering zouden worden losgekoppeld. Nieuwe inzichten wijzen uit dat dit geen realistische mogelijkheid is: dit is nooit eerder gedaan en zou waarschijnlijk vereisen dat het pand boven de fundering eerst geheel of gedeeltelijk moet worden verwijderd.

2.7 Overzicht van maatregelen/ activiteiten in alternatieven

	Nulalternatief	Hoog Houden	Laten Zakken
<i>Gemiddelde daling</i>	<i>3-5 mm/jaar</i>	<i>2-3 mm/jaar</i>	<i>3-5 mm/jaar</i>
Woningen/gebouwen	<p>Periodiek ophogen tuinen</p> <p>Herstel funderingen en schade aan gebouwen</p>	<p>Diepe fundering aanbrengen op ondiep gefundeerde gebouwen</p> <p>Periodiek ophogen tuinen</p>	<p>Preventieve maatregelen ter voorkoming schade door verschilzetting</p> <p>Preventieve maatregelen paalrot houten funderingen</p> <p>'Waterproofen' van gebouwen</p> <p>Aanpassingen aan woning door hoogteverschil met tuin.</p>
Riool	Vervangen opgeboeid riool door DIT-riool	<p>Vervangen opgeboeid riool door DIT-riool</p> <p>Funderen riool</p>	<p>Vervangen opgeboeid riool door DT-riool</p> <p>Aanleg flexibele huisaansluitingen</p>
Watersysteem	Investeringen in watersysteem voor toekomstige peilverlagingen	Investeringen in watersysteem voor eenmalige peilverlaging van 10 cm.	Investeringen in watersysteem voor toekomstige peilverlagingen
Infrastructuur	Periodiek ophogen openbare ruimte	<p>Wegen ophogen op palen zetten</p> <p>(Periodiek) ophogen openbare ruimte</p>	Ophogen openbare ruimte niet van toepassing tenzij sterke verschilzetting.

Figure 2.4 Overzicht van maatregelen die worden genomen in de verschillende alternatieven

3 Kwalitatieve analyse

3.1 Introductie

In hoofdstuk 3 zijn de alternatieven beschreven die in deze studie tegen elkaar worden afgewogen. In de kwalitatieve analyse wordt een eerste inschatting gedaan (op basis van expert judgement) van de belangrijkheid van kostenposten binnen de verschillende alternatieven. Op basis hiervan kan in een vroeg stadium de focus voor kwantitatieve analyse worden bepaald.

De eerste stap van de analyse is om zo breed mogelijk de potentiële effecten in kaart te brengen. Dit wordt gebaseerd op een eerdere studie van Abidin et al. (2015; Figuur 3.1), waarin vier terreinen worden onderscheiden waarop bodemdaling impact heeft: infrastructuur, milieu, economie en sociaal maatschappelijk. Deze indeling van effecten van bodemdaling wordt overgenomen in deze kwalitatieve analyse en waar mogelijk verder geconcretiseerd naar de situatie van Gouda. Daarnaast wordt bij elke investeringspost of effect aangegeven aan welke stakeholder deze ten deel valt (Figuur 3.2).

Figuur 3.1 Overzicht van impacts van bodemdaling. Bron: Abidin et al., 2015

No.	Category	Representation of impact	Level of impact
1.	Infrastructural	cracking of permanent constructions and roads	direct
		tilting of houses and buildings	direct
		'sinking' of houses and buildings	direct
		breaking of underground pipelines and utilities	direct
		malfunction of sewerage and drainage system	indirect
		deterioration in function of building and infrastructures	indirect
2.	Environmental	changes in river canal and drain flow systems	indirect
		frequent coastal flooding	indirect
		wider expansion of flooding areas	indirect
		inundated areas and infrastructures	indirect
		increased inland sea water intrusion	indirect
		deterioration in quality of environmental condition	indirect
3.	Economic	increase in maintenance cost of infrastructure	indirect
		decrease in land and property values	indirect
		abandoned buildings and facilities	indirect
		disruption to economic activities	indirect
4.	Social	deterioration in quality of living environment and life (e.g. health and sanitation condition)	indirect
		disruption to daily activities of people	indirect

In dit hoofdstuk leest u de achterliggende redeneerlijnen bij de kwalitatieve analyse. Op grond van de kwalitatieve analyse wordt vervolgens bepaald welke posten in de kwantitatieve analyse (Hoofdstuk 4) nader beschouwd worden.

3.2 Bevindingen kwalitatieve analyse

Figuur 3.2 geeft het overzicht van de kwalitatieve analyse. Alle alternatieven zijn op basis van expert judgement gescoord op een schaal van 0-5 ten opzichte van de kosten die gemaakt worden in de huidige situatie (0 kosten/schade gelijk, 5 zeer hoge kosten/schade; een negatief geval als ten opzichte van de huidige situatie de verwachte kosten lager zijn). Een alternatieve – en preferabele - aanpak zou zijn de perspectieven 'Hoog Houden' en 'Laten Zakken' ten opzichte van het nulalternatief te scoren. In dat geval is het echter nodig voor aanvang van de analyse het nulalternatief scherper te definiëren. Omdat dit ten tijde van analyse nog niet het geval was, is ervoor gekozen alles te scoren ten opzichte van de huidige situatie. In de rest van het hoofdstuk wordt voor elke score per categorie de gevolgde redeneerlijn omschreven.

Zoals te zien in de overzichtstabel zijn verreweg de meeste en grootste negatieve effecten te verwachten in het nulalternatief; hier wordt dan ook weinig geïnvesteerd in het voorkomen of beperken van schade. De zwaarste investeringen vallen in het scenario 'Hoog Houden' hier worden dan ook de minste negatieve effecten van bodemdaling verwacht en zelfs een daling van beheer- en onderhoudskosten aan de riolering ten opzichte van de huidige situatie. Uitgaande van de kwalitatieve analyse liggen de belangrijkste kostenposten (en mogelijke vermeden kosten) naar verwachting op de volgende gebieden:

- Schade aan woningen door ongelijkmatige setting
- Funderingen
- Riool
- Wegen
- Kabels en leidingen
- Ophogen tuinen en openbare ruimte.
- Wateroverlast
- Hinder van werkzaamheden

Figuur 3.2 Kwalitatieve analyse: indicatie impact alternatieven op kostenpost (activiteit/ investering of effect). In de laatste kolom staat aangegeven bij welke stakeholder deze post ligt.

	Categorie	Maatregel/ effect	Nul alternatief	Hoog Houden	Laten Zakken	Stakeholder
Activiteiten	Gebouwen en woningen	Herstellen houten paalfunderingen	2	nvt	2	Huiseigenaar
		Herstellen schade ongelijke zakkings	4	nvt	2	Huiseigenaar
		Installatie diepe paalfundering ondiep gefundeerde gebouwen	nvt	4	nvt	Huiseigenaar
		Waterproof maken panden	nvt	nvt	3	Huiseigenaar
		Periodiek ophogen tuin	1	1	0	Huiseigenaar
	Riool	Installatie DIT riool	3	3	3	Gemeente
		Funderen riool	nvt	2	nvt	Gemeente
		Aanleg flexibele huisaansluiting	nvt	nvt	2	Huiseigenaar
	Watersysteem	Kades	nvt	2	1	Gemeente
		Investeringen watersysteem: pompcapaciteit, grotere duikers, opslagcapaciteit	2	nvt	1	Waterschap
	Infrastructuur	Wegen ophogen licht materiaal/ op palen	nvt	2	nvt	Gemeente
		Ophogen openbare ruimte	3	3	nvt	Gemeente
		Investeringen gas/elektra/ waterleiding	nvt	2	2	Netbeheerder, waterleidingsbedrijf
	Effecten	Kritieke infrastructuur	Riool B&O	0	-1	0
Wegennetwerk B&O/ veiligheid/ kwaliteit			0	-1	0	0
Openbare ruimte B&O, kwaliteit			0	0	1	Gemeente
Kwaliteit beschermd stadsgezicht			2	1	1	Gemeente
Watersysteem-drainage B&O			1	nvt	1	Waterschap Rijnland
Kades B&O			2	0	1	Gemeente
Infrastructuur en gebouwen		Ondergrondse infra: elektra, glas, waterleiding	2	0	1	Stedin, Oase, ?
		Huis: schade aan woningen	2	0	1	Huiseigenaar
		Tuin	1	1	1	Huiseigenaar
		Riool onder eigen perceel	3	0	1	Huiseigenaar
Milieu		Ondergelopen kelder	1	0	0	Huiseigenaar/ bewoner
		Overstromingsschade	3	0	1	Alle partijen in Gouda
Sociaal/cultureel		Verlies waarde cultuurhistorisch erfgoed	2	0	1	Bewoner
		Hinder werkzaamheden	2	2 a 3	2	Bewoner
		Gezondheidsschade schimmels door vocht	1	0	0 a 1	Bewoner
		Gezondheidsschade door muggen en andere plaagdieren	1	1	1	Bewoners
Economisch		Gezondheidsschade door stress	1	1	1	Bewoner, Bedrijfsleven (reductie productiviteit)
		Gederfde inkomsten bedrijven overlast	2	2 a 3	2	Bedrijfsleven
		Waardedaling woningen	2	0	1	Bewoner
		Leveringsonderbreking (water, riool, gas)	1	2	1	Bewoner, bedrijfsleven (detaillist)
	Reistijdverlies	2	3	1	Weggebruiker	

Hieronder wordt voor elk onderwerp dat in bovengenoemde tabel te zien is toegelicht wat er in de kwalitatieve analyse is meegenomen en waarom een bepaalde waardering is toegekend. Het gaat om de volgende hoofdonderwerpen: beheer en onderhoud van infrastructuur, gebouwen, wateroverlast, sociaal-culturele effecten en economische effecten.

3.2.1 Beheer en onderhoud van infrastructuur

In de binnenstad van Gouda wordt de volgende infrastructuur onderscheiden:

- Wegen
- Riool
- Openbare ruimte
- Watersysteem
- Kades
- Ondergrondse kabels en leidingen

Bij alle te onderhouden infrastructuur wordt ervan uitgegaan dat de kwaliteit op een gelijk niveau wordt gehouden aan de huidige situatie; of in geval van nieuwe infrastructuur een hogere kwaliteit¹¹. Onder 'beheer en onderhoud' worden alle benodigde investeringen en werkzaamheden aan infrastructuur voor lange periode bedoeld. Dit is dus bijvoorbeeld inclusief het vervangen of herstellen van elementen.

Wegen

Vooraf in het nulalternatief, en in mindere mate - afhankelijk van de hoeveelheid mitigerende/adaptieve maatregelen - in het 'Laten Zakken' alternatief blijven beheer- en onderhoudskosten aan wegen gelijk aan de huidige (al hoge) kosten of worden hoger naarmate er een groter reliëf ontstaat in de binnenstad. In het 'hooghouden' alternatief wordt geïnvesteerd in het funderen van de weg en dalen B&O kosten ten opzichte van de huidige situatie

Riool

B&O van het nieuw aan te leggen DIT riool zal in het nulalternatief en 'Laten Zakken' gelijk zijn aan huidige B&O kosten. Door het funderen van het riool in het 'hooghouden' alternatief zijn de kosten daar naar verwachting lager ten opzichte van huidige situatie.

Openbare ruimte

Met de beheer en onderhoudskosten gaat het om kosten voor periodieke ophoging, groenbeheer en het opruimen en herstellen van pleinen en parken na overstroming.

In het nulalternatief en 'Hoog Houden' wordt de openbare ruimte op hoogte gehouden en zijn B&O kosten gelijk tot mogelijk iets hoger dan in de huidige situatie door toename van het aantal overstromingen met de verwachte stijging van intensievere buien.

In 'Laten Zakken' wordt het aantal ophogingen beperkt maar het peil verlaagt. Bij ongelijkmatige zetting en lokale verschillen in het grondwatersysteem kan plaatselijk vernatting ontstaan. Naar verwachting stijgen hierdoor kosten om de kwaliteit van 'groen'

¹¹ B&O kosten kunnen uiteraard ook dalen als gevolg van een lagere prestatie-eisen, maar uitgangspunt is dat dit niet wenselijk is.

(zoals Houtmansplantsoen en de Tuin van het Willem Vroesenhuys) op het huidige niveau te houden¹².

Watersysteem

Hier gaat het om het B&O van kunstwerken (duikers, drainagebuizen), waterkwaliteit en voldoende diepte in de watergangen. In het nulalternatief en 'Laten Zakken' wordt geïnvesteerd in uitbreiding van het watersysteem om voldoende peilverlaging te kunnen realiseren – hiervoor moet pompcapaciteit en duikers worden vergroot. Dit biedt ook hogere beheerskosten met zich mee, bijvoorbeeld hogere elektriciteitskosten van het gemaal. In alternatief 'Hoog Houden' wordt niet geïnvesteerd in kunstwerken, waardoor B&O kosten gelijk blijven aan de huidige situatie.

Kades

In het alternatief 'Hoog Houden' worden de kades gefundeerd/ verstevigd, waardoor de beheer en onderhoudskosten sterk afnemen ten opzichte van de huidige situatie. In het 'Laten Zakken' alternatief worden ook maatregelen genomen om sterke verzakking te voorkomen, waardoor de onderhoudskosten licht stijgen. In het nulalternatief stijgen de B&O kosten door verzakkende kades die hersteld moeten worden.

Ondergrondse infrastructuur

De ondergrondse infrastructuur die in de alternatieven wordt meegenomen is: gas, water, elektra en glasvezel. In 'Hoog Houden' wordt waar mogelijk gas, en elektra en glasvezel in gefundeerde kabelgoten gelegd. In 'Laten Zakken' wordt waar mogelijk gewerkt met flexibele elementen maar zal door grotere verschildzetting desalniettemin meer schade ontstaan met hogere B&O/ herstellkosten tot gevolg. In het nulalternatief, waar geen adaptieve of mitigerende maatregelen worden genomen, stijgen de B&O kosten het hardst.

3.2.2 Gebouwen

Schade aan gebouwen door ongelijkmatige zetting

Uitgaande van het behouden van kwaliteit wordt aangenomen dat schade aan gebouwen wordt hersteld in het nulalternatief (maar niet voorkomen of gemitigeerd); in 'Hoog Houden' wordt schade voorkomen door alle panden te funderen en in 'Laten Zakken' wordt schade waar mogelijk voorkomen door tijdig te signaleren met monitoring en mitigerende maatregelen te nemen zoals het scheiden van gedeelde muren.

Deze categorie behelst ook het herstellen van schade aan beschermd stadsgezicht – in het nulalternatief zijn kosten hiervoor het hoogst, in Hoog Houden en 'Laten Zakken' wordt schade zoveel mogelijk voorkomen. Veranderingen aan het historisch stadgezicht buiten de kwaliteit van gebouwen om valt binnen de categorie 'verlies waarde cultuurhistorisch erfgoed'.

Kwaliteit van tuinen

In het nul- en 'Hoog Houden' alternatief worden tuinen periodiek opgehoogd (waarbij ook de vegetatie opnieuw moet worden aangelegd). In 'Laten Zakken' worden tuinen niet ophoogt, maar worden in plaats daarvan aanpassingen gedaan aan de woning om deze op hoogte van de tuin te brengen. Dit met het doel om grote reliefverschillen met lokale overstromingsschade tot gevolg te voorkomen.

¹² Vergelijkbaar met de problematiek in het Vondelpark van Amsterdam waar door een hoge grondwaterspiegel oude bomen eerder omwaaien of afsterven.

Huisaansluiting riool

In 'Hoog Houden' blijft de huisaansluiting van het riool naar verwachting stabiel doordat zowel het riool als de gebouwen gefundeerd worden. In 'Laten Zakken' worden flexibele huisaansluitingen aangelegd die een verschilzetting van 30 cm kunnen opvangen – omdat dit naar verwachting plaatselijk onvoldoende is stijgen de beheer en onderhoudskosten ten opzichte van de huidige situatie. In het nulalternatief worden geen adaptieve of mitigerende maatregelen genomen en zullen beheer en onderhouds (/herstel) kosten aan huisaansluitingen stijgen.

3.2.3 Wateroverlast

Hierbij gaat het om fysieke schade aan gebouwen (woningen, kantoren, openbare gebouwen) en huisraad: bijvoorbeeld bij het onderlopen van kelders en de eerste verdieping van panden. In het nulalternatief wordt ten behoeve van de MKBA aangenomen dat er geen extra investeringen gedaan worden om overstromingen te voorkomen. De verwachting is dat het overstromingsrisico verder zal stijgen door plaatselijk verdergaande verzakking en klimaatverandering. In het 'Laten Zakken' alternatief worden maatregelen genomen om schade zoveel mogelijk te voorkomen. Schade aan panden zal daardoor meevallen, maar naar verwachting is niet alle schade aan openbare ruimte en wegen te voorkomen. In alternatief 'Hoog Houden' wordt schade door wateroverlast grotendeels voorkomen met het ophogen/fixeren van elementen terwijl het maaiveld/ grondwaterstand verder zakt.

3.2.4 Sociaal-cultureel

In de binnenstad Gouda is er binnen het sociale/ culturele domein kans op:

- Verlies waarde cultuurhistorisch erfgoed
- Hinder van werkzaamheden
- Gezondheidsschade door schimmel in vochtige kelders
- Gezondheidsschade door stress

Verlies waarde cultuurhistorisch erfgoed

Hier gaat het om het risico op onherstelbare schade aan cultuurhistorisch erfgoed door verzakking, en verandering van de kwaliteit ervan. Dat het stadsgezicht zal veranderen staat vast – het is lastig te voorspellen in welk alternatief dit het minst het geval is. Naar verwachting is in het nulalternatief het risico op onherstelbare schade het grootst, door niet voortijdig te monitoren en adaptieve/mitigerende maatregelen te nemen. In 'Hoog Houden' is naar verwachting het risico het laagst door ook omringende panden en infrastructuur diep te funderen om verschilzetting te voorkomen. In 'Laten Zakken' blijft het huidige risico bestaan, maar wordt dit gemonitord waardoor schade kan worden voorkomen.

Hinder van werkzaamheden

In alle perspectieven vinden werkzaamheden plaats: in het nulalternatief met name ad-hoc en van herstellend karakter; in 'Hoog Houden' worden in fases achtereenvolgend hele gebieden langdurig onder handen genomen en in 'Laten Zakken' worden op basis van planning/ monitoring mitigerende ingrepen gedaan en wordt er minder opgehoogd. In alle perspectieven stijgt hierdoor naar verwachting hinder van werkzaamheden in verhouding tot de huidige situatie. Voordeel van 'Hoog Houden' en 'Laten Zakken' ten opzichte van het nulalternatief is het planmatig onderhoud (sterker in 'Hoog Houden' dan in 'Laten Zakken') zodat tijdig kan worden geïnformeerd naar omwonenden.

Gezondheidsschade door schimmel in vochtige kelders

In slecht geïsoleerde kelders en souterrains kan schimmel ontstaan, met gezondheidsschade aan luchtwegen tot gevolg (RIVM 2012). In het nulalternatief is dit effect naar verwachting het hoogst; in Hoog Houden neemt het probleem met de tijd af naarmate de bodem/ grondwaterspiegel ten opzichte van de woningen verder zakt en in 'Laten Zakken' worden maatregelen genomen om woningen vochtvrij te krijgen.

Gezondheidsschade door plaatselijke vernatting openbare ruimte

Hier gaat het om het risico dat overlast door muggen en andere plaagdieren toeneemt door plaatselijke vernatting van tuinen en openbare ruimtes. In het nulalternatief is dit risico aanwezig doordat tuinen naar verwachting op verschillende hoogtes liggen. In het 'Laten Zakken' scenario is dit risico ook aannemelijk doordat openbare ruimte inclusief parken niet verder worden opgehoogd en ook het ophogen van tuinen wordt ontmoedigd. Met opwarming van het klimaat en vernatting kan dit leiden tot een toename van het aantal muggen en andere plaagdieren.

Gezondheidsschade door stress

Bodemdaling kan tot stress leiden door de verwachting en/of onzekerheid aangaande toekomstige kosten de woning waaronder mogelijke gevolgen voor verkoopbaarheid, werkzaamheden en mogelijk wateroverlast. Dat deze immateriële schade kan ontstaan is eerder aangetoond in het door aardbevingen getroffen gebied in Groningen. Ook daar is er veel onzekerheid omtrent herstelkosten en woningwaarde. Een ander voorbeeld komt vanuit de ondergrondse kolenmijnen industrie, ook daar zijn er bewijzen dat de emotionele/psychologische impact van mogelijke schade door verzakking sterk kan zijn. Dit komt onder andere door de verwachting van fysieke schade aan bezit, veiligheid en geluidsoverlast en twijfels over de verkoopbaarheid van woningen. Een bijkomende factor is de verstoring van de dagelijkse routine, dat vooral voor kinderen en ouderen stressvol is (USDI 1991).

In alle alternatieven is de verwachting dat er in de toekomst meer werkzaamheden zullen plaatsvinden. In het nulalternatief zal meer schade aan woningen en infrastructures ontstaan – zowel voor rekening van de huiseigenaren als van andere partijen. In 'Hoog Houden' worden veel woningen, wegen en het riool gefundeerd en zullen grote delen van de binnenstad tijdelijk veel overlast ondervinden. In het alternatief 'Laten Zakken' zullen er ook maar in mindere mate werkzaamheden plaatsvinden. Hoe de woningmarkt (en verkoopbaarheid van woningen) zich binnen de verschillende alternatieven zal ontwikkelen is moeilijk te zeggen.

3.2.5 Economisch

In de binnenstad van Gouda zijn de volgende economische effecten mogelijk relevant:

- Gederfde inkomsten bedrijven door werkzaamheden, wateroverlast
- Waardedaling woningen
- Leveringsonderbreking door werkzaamheden (vervangingsonderhoud of schadeherstel)
- Reistijdverlies door werkzaamheden

Gederfde inkomsten bedrijven

Doordat bedrijven tijdens werkzaamheden of overstromingen niet of in mindere mate bereikbaar zijn verliezen ze inkomsten.

In 'Hoog Houden' zijn de meest ingrijpende werkzaamheden voorzien; het funderen van een pand (in een deel van de te funderen panden zijn winkels gevestigd) kan enkele maanden duren. Het funderen van wegen en riolen is mogelijk nog ingrijpender: hierdoor zijn winkels en bedrijven tijdelijk niet of slechter bereikbaar. Het voordeel in 'Hoog Houden' is echter wel dat dit alles in fasen per wijk lang van tevoren gepland kan worden en hiermee overlast en gederfde inkomsten voor bedrijven voorspelbaar maakt, zodat men hierop waar mogelijk kan inspelen, bijvoorbeeld door tijdelijke herlocatie.

In 'Laten Zakken' worden mitigerende en beperkte herstelwerkzaamheden uitgevoerd. De hoeveelheid panden waar werkzaamheden aan funderingen nodig zijn is lager. De hoeveelheid ingrijpende werkzaamheden is naar verwachting in dit alternatief het laagst. Door monitoring en planning kunnen bovendien bedrijven tijdig op de hoogte worden gebracht.

In het nulalternatief worden werkzaamheden relatief 'ad-hoc' uitgevoerd: herstelwerkzaamheden zijn nodig voor woningen op houten paalfunderingen. Het onderhoud aan wegen en riolen is vergelijkbaar met de huidige situatie, maar door het meer ad-hoc/reactieve karakter minder lang van tevoren te plannen, zodat bedrijven hier minder goed op kunnen inspelen.

Leveringsonderbreking

Leveringsonderbreking van bijvoorbeeld gas, water en licht wordt veroorzaakt door geplande werkzaamheden en herstelwerkzaamheden bij storing/ schade. In het nulalternatief zijn er naar verwachting de meeste herstelwerkzaamheden. In 'Hoog Houden' en 'Laten Zakken' zijn werkzaamheden nodig om gas en water te funderen en/of flexibele verbindingen aan te leggen.

Reistijdverlies

Door werkzaamheden aan infrastructuur en het funderen van woningen zullen straten tijdelijk of voor iets langere periode niet begaanbaar zijn. Hierdoor moet verkeer worden omgeleid en doen bewoners er mogelijk langer over naar hun bestemming te komen. In scenario 'Hoog Houden' zijn de meeste en langdurige werkzaamheden verwacht. In het nulalternatief worden werkzaamheden aan riool en weg uitgevoerd (vergelijkbaar met huidige situatie) en in 'Laten Zakken' worden mitigerende maatregelen genomen.

Waardedaling woningen

Naar verwachting blijft de waarde van woningen op lange termijn het best op peil in 'Hoog Houden'¹³. Na het funderen van alle panden en infrastructuur is toekomstige schade aan panden, riool, water en gas grotendeels voorkomen. In 'Laten Zakken' blijft het risico op schade bestaan maar is wel lager dan in het nulalternatief door preventieve en mitigerende maatregelen aan woningen en infrastructuur. Deze verwachting kan drukken op de waarde van het huis. In het nulalternatief is de waardedaling waarschijnlijk het sterkst, door het gebrek aan een duidelijke aanpak om schade te voorkomen.

¹³ Het is moeilijk hier met zekerheid iets over te zeggen: er zijn weinig studies gedaan naar het effect van bodemdaling op woningwaarde. In enigszins vergelijkbare context (o.a. Groningen, mijnindustrie) worden wel effecten op woningwaarden gezien, maar dit is niet in de context van verschillende handelingsperspectieven bestudeerd.

4 Kwantitatieve analyse

4.1 Introductie

Vergelijking met het nulalternatief

In deze MKBA wordt de haalbaarheid van de handelingsperspectieven 'Hoog Houden' en 'Laten Zakken' ingeschat. Dit gebeurt ten opzichte van het nulalternatief: wat is bij onveranderd beleid de meest waarschijnlijke ontwikkeling in (meer)kosten van bodemdaling? Voor elk alternatief wordt gekeken of de kosten van te nemen nieuwe maatregelen opwegen tegen de vermeden kosten die in het nulalternatief gemaakt zouden worden. Zo laat de uiteindelijke analyse zien of de baten van de voorgenomen preventieve maatregelen in deze alternatieven opwegen tegen de investeringskosten. Hierbij wordt een tijdshorizon tot 2100 aangehouden, en conform Nederlandse praktijk een discontovoet van 4,5 %.

Investeringskosten en effecten

In de kwantitatieve analyse wordt onderscheid gemaakt tussen investeringskosten en effecten. Met investeringskosten worden investeringskosten en extra B&O voor nieuwe adaptieve en mitigerende maatregelen bedoeld; zoals bijvoorbeeld het funderen van alle panden en infrastructuur in 'Hoog Houden', en het waterdicht maken van woningen in 'Laten Zakken'. Met effecten worden in het nulalternatief de mechanismen of kostenposten bedoeld die het gevolg van bodemdaling zijn, zoals hogere B&O kosten of verwachte schade aan panden en funderingen. In de alternatieven 'Hoog Houden' en 'Laten Zakken' zijn effecten de impact van maatregelen ten opzichte van het nulalternatief: vermeden schade.

Bandbreedte

In de analyse wordt gewerkt met een bandbreedte: een minimum en maximumwaarde. Vaak bestaat er onzekerheid over bijvoorbeeld de hoogte van kosten van bepaalde werkzaamheden of de impact van bodemdaling op schade. De uiteindelijke MKBA geeft dus een bandbreedte weer waarin de kosten kunnen vallen.

4.2 Kosten en baten

Uit de kwalitatieve analyse zijn de naar verwachting belangrijkste investeringen en effecten gekomen. Deze posten zijn meegenomen in de kwantitatieve analyse: in figuur 4.2 en figuur 4.3 worden de resultaten weergegeven. De getallen die onder alternatieven 'Hoog Houden' en 'Laten Zakken' genoemd worden zijn ten opzichte van gemaakte kosten in het nulalternatief berekend. De achterliggende aannames en rekenstappen zijn te vinden in bijlage A3 en A4 (zie Figure 4.1).

Categorie	Verwijzing Appendix
Investeringskosten	
Funderingen	6A.3.1
Openbaar terrein	6A.3.2
Wegen	6A.3.3
Riolen	6A.3.4
Watersysteem	0
'Waterproof' maatregelen woningen	6A.3.6
Periodiek ophogen tuinen	6A.3.7
Effecten	
Funderingsschade	6A.4.1
Gebouwschade door verschilzetting	6A.4.2
Wateroverlast en vochtindringing	6A.4.3
Hogere B&O wegen	6A.4.4
Hogere B&O kabels en leidingen	6A.4.5
Schade aan riool onder particulier perceel	6A.4.6
Hinder werkzaamheden	0

Figure 4.1 Verwijzingstabel voor achtergrond over het kwantificeren (aanpak, aannames, kentallen) van de posten in de MKBA.

In bijlage A4 worden de belangrijkste verschillen in aanpak en resultaten met de MKBA 'Heel Holland Zakt' van Vries et al. (2016), die eerder over hetzelfde gebied werd gemaakt door studenten van Saxion Hogeschool, beschreven.

4.2.1 Nulalternatief

In het nulalternatief zijn de gekwantificeerde kosten en schade samen €26 tot €40 miljoen meerkosten ten gevolge van bodemdaling tot 2100.

Figuur 4.2 Overzicht meerkosten in de binnenstad van Gouda in het Nulalternatief tot 2100

Nulalternatief		
Kostenpost	Laag	Hoog
Periodiek ophogen openbare ruimte	-0,2	-1,7
Houten paalfunderingen herstellen	-3,8	-9,7
Schade aan woningen door ongelijke bodemdaling	-0,9	-2,9
Schade door wateroverlast (incl wegen; woningen; groen)	-14,5	-14,5
Periodiek ophogen tuinen	-2,1	-2,5
Overlast door werkzaamheden infrastructuur	-2,9	-2,9
Overlast door werkzaamheden funderingsherstel	-0,1	-0,1
Meerkosten B&O wegen t.o.v. benchmark	-1,6	-5,3
Meerkosten B&O K+L t.o.v. benchmark	-0,1	-0,2
Totaal meerkosten (CW) *€ mln	-26	-40

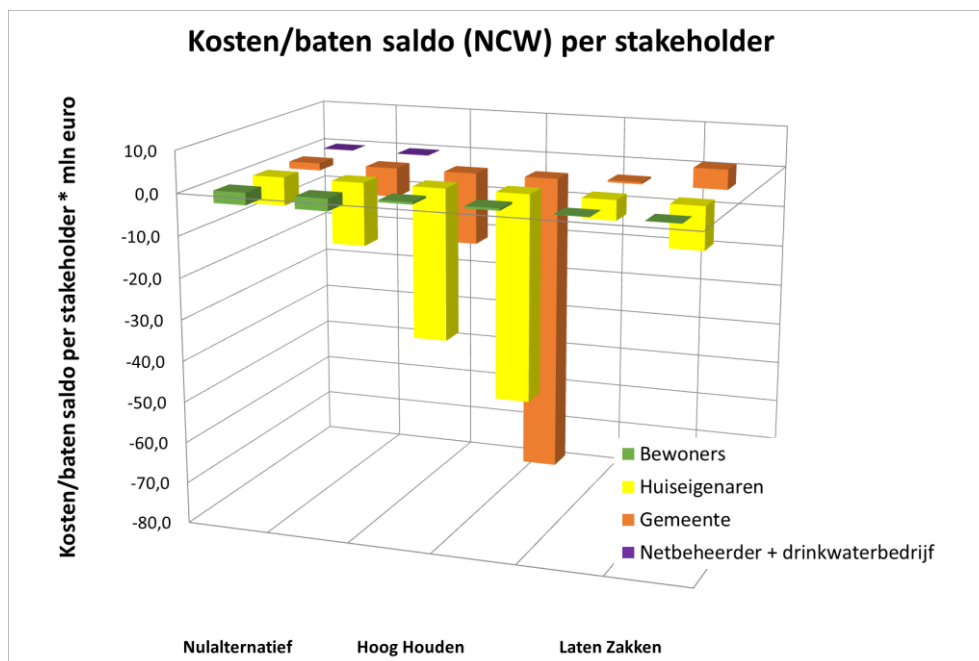
4.2.2 Hoog Houden en Laten Zakken

In alternatief 'Hoog Houden' worden voor €57 tot €130 miljoen maatregelen uitgevoerd om negatieve effecten te voorkomen. Dit levert ten opzichte van het nulalternatief een besparing op van €4,5 tot €11,5 miljoen. De kosten-baten balans voor dit alternatief is echter sterk negatief: € -53 tot € -119 miljoen, oftewel de baten van de genomen maatregelen wegen niet op tegen de kosten. Het 'Laten Zakken' alternatief neemt minder ingrijpende maatregelen maar probeert waar mogelijk ernstige schade te voorkomen. Kosten van maatregelen liggen rond de € 7- €16 miljoen; vermeden schade ten opzichte van het nulalternatief is €13 tot €20 miljoen. De balans voor dit alternatief is €4-6 miljoen. Daarnaast zijn er nog niet-gekwantificeerde baten zoals reductie van gezondheidsoverlast door schimmel en mogelijke stabilisering van toekomstige woningprijzen: op basis van deze analyse lijkt 'Laten Zakken' een economisch aantrekkelijk alternatief.

Een aantal posten zijn niet gekwantificeerd in deze analyse door gebrek aan data, maar kunnen naar verwachting wel belangrijk zijn: deze posten staan in de tabel met een nominale beoordeling (++) of (--). In de uiteindelijke afweging dienen ze dus wel te worden meegenomen.

Figuur 4.3 Overzicht kosten en effecten van alternatieven 'Hoog Houden' en Laten Zakken

Categorie	Maatregel/ effect	Hoog Houden		Laten zakken		
		Laag	Hoog	Laag	Hoog	
Investeringskosten	Gebouw	Aanleggen diepe fundering	-38,2	-53,5		
		Mitigerende maatregelen voorkomen scheurvorming			-1,6	-4,4
		Water proofen van gebouwen			-3,8	-7,6
	Weg	Drijvende wegen/ weg op paalmatras	-17,8	-74,8	-1,3	-2,1
	Riool	Riool funderen	-1,1	-2,2		
		Flexibele huisaansluiting riool aanleggen			-0,6	-1,7
	K+L	Kabels en leidingen vervangen en op palen zetten	--	--		
		Flexibele kabels en leidingen aanleggen			-	-
	Totaal Investeringskosten (CW) * mln euro		-57,1	-130,48	-7,2	-15,9
	Effecten	Impact handelingsperspectieven t.o.v. nulalternatief	Reductie schade aan woningen door ongelijke zetting	0,8	2,4	0,8
Reductie benodigde ophoging tuin			0,5	0,6		
Reductie benodigde investering watersysteem			+	+		
Reductie benodigde herstelkosten houten			0,4	0,9	0,4	0,9
Reductie wateroverlast			0,7	1,5	9,8	9,8
Reductie jaarlijkse B&O kosten wegen			1,6	5,3	1,6	5,3
Reductie periodiek op hoogte houden openbaar terrein			0,02	0,03	0,2	1,5
Effect overlast door werkzaamheden infrastructuur			0,7	0,7	0,1	0,1
Effect overlast door werkzaamheden funderingsherstel			-0,2	-0,2	0,0	0,0
Reductie schade aan K+L			++	++	+	+
Reductie kosten vervangingsonderhoud weg			++	++	++	++
Gezondheidsverlast door schimmel/ vocht					+	+
Leveringszekerheid			++	++	+	+
Woningwaarde			++	++	+	+
Aanpassingen woningen/gebouwen aan lagere tuinen/ openbare ruimte					-	-
Gezondheidsverlast door stress			?	?	?	?
Totaal effecten (CW) * mln euro		4,4	11,2	12,7	20,2	
Kosten-baten balans (NCW) * mln euro		-53	-119	6	4	



Figuur 4.4 Verdeling van gekwantificeerde kosten en baten naar stakeholder voor de verschillende alternatieven (laag – hoog).

In het nulalternatief liggen de hoogste kosten bij huiseigenaren door hoge kosten voor het herstellen van houten paalfunderingen, het nodige ophogen van tuinen en het herstellen van schade aan huizen door ongelijke bodemdaling.

In 'Hoog Houden' liggen de hoogste kosten bij de gemeente: dit komt vooral door de relatief dure maatregel van het funderen van wegen en rioleringen. Huiseigenaren staan aan de lat voor het funderen van 1500 ondiep gefundeerde panden.

In 'Laten Zakken' wegen de kosten van het ophogen met licht materiaal van de weg door de gemeente op tegen de reductie in beheer en onderhoud. Huiseigenaren investeren flink in het waterdicht maken van panden, en reduceren daarmee te kosten van wateroverlast significant (niet meegenomen in het figuur).

Naast wateroverlast zijn ook de kwalitatieve baten niet meegenomen in de figuur, zoals de reductie van gezondheidsoverlast door vocht in 'Laten Zakken' (*bewoners*), reductie van kosten voor verangingsonderhoud aan wegen en riool in 'Hoog Houden' en tot op zekere hoogte in 'Laten Zakken' (*Gemeente*) en mogelijke positieve invloed van de alternatieven op huizenprijzen (*Huiseigenaren*).

5 Discussie & Conclusie

5.1 Conclusie

Het doel van dit rapport enerzijds inzicht bieden in de kosten en baten van de verschillende handelingsperspectieven voor bodemdaling in de historische binnenstad van Gouda. Hierbij was de insteek ook rekening te houden met de welvaartsverdeling; waar vallen welke kosten en baten? Anderzijds heeft deze MKBA een mogelijke voorbeeldfunctie in de context van stedelijke bodemdaling. Behalve de door studenten van Hogeschool Saxion opgestelde MKBA voor Gouda, is er niet eerder op gemeentelijk niveau een dergelijke analyse gemaakt. Als zodanig kan deze MKBA input leveren voor toekomstige MKBA's voor bodemdalingsmaatregelen in stedelijk gebied en mogelijk voor een algemene MKBA-aanpak voor bodemdalingsvraagstukken.

MKBA Binnenstad Gouda

In de MKBA worden zijn de handelingsperspectieven die in het governance spoor van het TKI project zijn geformuleerd ten behoeve van de analyse nader geconcretiseerd tot alternatieven 'Hoog Houden' en 'Laten Zakken' die uit een set maatregelen bestaan. De investeringskosten en effecten van deze maatregelen worden afgewogen tegen het nulalternatief. Het uitgangspunt in een nulalternatief is het beschrijven van de wereld waarin huidige trends in beleid worden voortgezet en autonome ontwikkeling zo goed mogelijk wordt meegenomen – natuurlijke ontwikkelingen die redelijkerwijs te verwachten zijn zonder nieuw beleid. Het resultaat is een beeld van de meerwaarde van de alternatieven 'Hoog Houden' en 'Laten Zakken' ten opzichte van het nulalternatief.

In het **nulalternatief** ligt de 'schade' voor o.a. het ophogen van tuinen en openbaar terrein, wateroverlast, herstellen van schade aan funderingen en huis en hogere B&O kosten aan wegen tussen de **€26 en €40 miljoen** (CW) tot 2100. Ten opzichte van deze schade zijn baten van de alternatieven berekend: vermeden kosten of schade ten opzichte van het nulalternatief is een baat.

In alternatief '**Hoog Houden**' lijken op basis van de meegenomen posten de baten niet op te wegen tegen de investeringskosten: het funderen van woningen, wegen en riool kost **€57-130 miljoen**, tegen baten (vermeden kosten) van **€4-11 miljoen**. Wel zijn er een aantal niet-gekwantificeerde baten zoals reductie van B&O/herstelkosten aan infrastructuur. De verwachting is niet dat deze opwegen tegen deze investeringskosten.

In alternatief '**Laten Zakken**' zijn de investeringskosten voor preventieve maatregelen **€7-16 miljoen**: hierbij gaat het om het waterproof maken van woningen, voorkomen van ernstige gebouwschade door verschilzetting en het aanleggen van flexibele huisaansluitingen voor het riool. De gekwantificeerde baten hiervoor zijn **€13 - 20 miljoen** €. De kosten-baten balans komt hiermee op **€ 4 - 6 miljoen**. Naast niet-gekwantificeerde baten zoals het terugbrengen van gezondheidsrisico's door vocht, een betere leveringszekerheid en mogelijke stabilisering van woningprijzen worden meegerekend lijkt dit een **aantrekkelijk alternatief**.

Verdeling van de lasten

In het nulalternatief liggen de hoogste kosten bij huiseigenaren door hoge kosten voor het herstellen van houten paalfunderingen, het nodige ophogen van tuinen en het herstellen van schade aan huizen door ongelijke bodemdaling.

In 'Hoog Houden' liggen de hoogste kosten bij de gemeente: dit komt vooral door de relatief dure maatregel van het funderen van wegen en rioleringen. Huiseigenaren staan aan de lat voor het funderen van 1500 ondiep gefundeerde panden. Kosten voor beide partijen zijn erg hoog in dit alternatief.

In 'Laten Zakken' wegen de kosten van het ophogen met licht materiaal van de weg door de gemeente op tegen de reductie in beheer en onderhoud. Huiseigenaren investeren flink in het waterdicht maken van panden, en reduceren daarmee de kosten van wateroverlast significant.

Daarnaast zijn er nog kwalitatieve baten: de reductie van gezondheidsoverlast door vocht in 'Laten Zakken' (*bewoners*), reductie van kosten voor vervangingsonderhoud aan wegen en riool in 'Hoog Houden' en tot op zekere hoogte in 'Laten Zakken' (*Gemeente*) en mogelijke positieve invloed van de alternatieven op huizenprijzen (*Huiseigenaren*).

Vergelijking met MKBA binnenstad Gouda 'Heel Holland Zakt' (Vries et al. 2016)

In de MKBA 'Heel Holland Zakt' zijn verschillende handelingsperspectieven met elkaar vergeleken: hiertoe werden de investeringskosten van elk perspectief benaderd en de baten met een multi-criteria analyse kwalitatief geanalyseerd. Door in voorliggend rapport het nulalternatief te formuleren en te kwantificeren, konden de baten van handelingsperspectieven wel (deels) gekwantificeerd worden, als vermeden kosten ten opzichte van het nulalternatief. Dit biedt een betere onderbouwing van de voordelen van 'iets doen' ten opzichte van 'niets doen'.

Resultaten van de analyse op gebied van investeringskosten verschillen op sommige punten sterk, zoals bij de kosten van het funderen van panden in het alternatief 'Hoog Houden': dit komt onder andere door nieuwe inzichten (waarschijnlijk zijn er ~ 450 panden op houten paalfunderingen waar eerder werd uitgegaan van een lager getal) en door de presentatie van de kosten. Deze wordt in de MKBA 'Heel Holland Zakt' nominaal weergegeven in plaats van zoals in voorliggend rapport in contante waarde, zoals gebruikelijk bij MKBA's.

Algemene lessen in voor MKBA's in de context van stedelijke bodemdaling

- Het proces van algemene handelingsperspectieven naar alternatieven met voldoende concreet omschreven maatregelen en effecten om als input te kunnen dienen voor een MKBA moet niet worden onderschat; er is nog weinig bekend over dosis-effectrelaties van maatregelen. Idealiter vindt dit proces plaats in (minstens 1) workshop met stakeholders en experts.
- Bodemdaling in het stedelijk gebied is complex: er ontstaan op veel vlakken onzekerheden over toekomstige ontwikkelingen. Bijvoorbeeld de snelheid van daling, of de impact ervan op woningen en infrastructuur. Daarnaast is er in sommige gevallen sprake van een 'lock-in' na decennia van dalen zijn bepaalde opties vervallen: niets doen of een reactief beleid is dan geen optie meer. Het vaststellen van het nulalternatief is dan ook niet makkelijk, maar wel essentieel om een gevoel te krijgen van de noodzaak en impact van maatregelen.
- In deze studie was geen ruimte om een onzekerheidsanalyse uit te voeren. De verwachting is echter dat onzekerheid significant is. Er is onder andere onzekerheid over de ontwikkeling van kosten, dalingssnelheid, technologische vooruitgang, maar ook over de genomen aannames in deze studie. Verder is de gekozen discontovoet van belang op de uitkomsten. Door met deze factoren te variëren kan er meer gevoel worden gekregen van de robuustheid van de alternatieven.

- Resultaten van de MKBA kunnen tot input dienen om prioriteiten in het verdere (onderzoeks)proces te signaleren en verder in te richten, of tot een nieuw alternatief te komen met een mix van maatregelen. Een waardevolle toevoeging aan de MKBA zou mogelijk een kosteneffectiviteitsanalyse zijn van enkele maatregelen of varianten binnen maatregelen, bijvoorbeeld investeringen in wegen, K+L en watersysteem.
- In een context waarin onzekerheden zo'n grote rol spelen, is het extra belangrijk om goed na te denken over toekomstscenario's en deze mee te nemen in het opstellen verschillende nulalternatieven. Afhankelijk van externe ontwikkelingen zal de schade door bodemdaling – en daaruit volgend de kosten-baten verhouding van verschillende alternatieven – groter of kleiner worden.
- De flexibiliteit binnen verschillende alternatieven is nu niet meegenomen, maar wel van belang: wat is de mogelijkheid om over te stappen naar een andere maatregel of een ander handelingsperspectief? Peilverlaging, en daaraan gekoppelde bodemdaling, is onomkeerbaar. Dit zou een rol moeten spelen bij het vaststellen en uitstippelen van de handelingsperspectieven/ strategieën, zodat deze robuust en flexibel genoeg zijn om om te kunnen gaan met onzekerheden.

5.2 Discussie & vervolgonderzoek

Rekenen met gemiddelde zetting

In deze MKBA is als uitgangspunt voor de bodemdalingssnelheid een gemiddelde aangenomen. Op dit moment is hiervoor nog geen alternatief, door beperkte databeschikbaarheid. In werkelijkheid varieert de zettingssnelheid echter over de binnenstad. In de praktijk zal op sommige locaties een sterker reliëf ontstaan dan waar nu van uitgegaan is. Dit heeft mogelijk lokaal een hogere schade tot gevolg. Vooral in het nulalternatief en het alternatief 'Laten Zakken' zal bijvoorbeeld de flexibele huisaansluiting van de riolering, die een verschil van maximaal 30 cm kan opvangen, niet overal respijt bieden. In de toekomst is het mogelijk makkelijker lokale effecten te voorspellen door betere metingen – zo kunnen op termijn mogelijk toekomstscenario's worden gemodelleerd met meer kennis over historische en huidige daling en dosis-effectrelaties.

Kwalitatieve analyse

Idealiter wordt de kwalitatieve analyse met een groep deskundigen uitgevoerd. Hier was geen ruimte meer voor in de werksessies, maar dit zou analyse wel sterker maken. Mogelijk zouden er andere of extra posten bij komen: zo worden in de praktijk ophogingen van de openbare ruimte niet altijd gedaan, omdat dat praktisch niet haalbaar is; bestaat de wens de impact van bodemdaling op (verzakkende) kademuren nader te analyseren; en zou het waardevol zijn een beter beeld te vormen van het historisch aangezicht in de binnenstad.

Toekomstscenario's

In deze analyse zijn toekomstscenario's niet meegenomen; dit terwijl het bodemdalingsvraagstuk omgeven is met veel onzekerheden. Bijvoorbeeld op gebied van klimaatverandering en bodemdalingssnelheid (Wat is de impact van grondwaterspiegel op dalingssnelheid? Wat is de impact van oppervlaktewaterbeheer? Deze dingen worden onder andere meegenomen in het Living Lab Gouda), maar ook marktontwikkelingen op gebied van funderingsherstel, woningprijzen en innovatieve oplossingen kunnen veel impact hebben op de kosten en baten van maatregelen. De bandbreedtes die nu zijn meegenomen in de MKBA hebben vooral betrekking op onzekerheid over kentallen en dosis-effectrelaties (*hoe veel meer/minder schade is er door het toepassen van maatregel x?*).

Governance

De bestuurlijke uitvoerbaarheid van een aantal maatregelen binnen de alternatieven is onbekend. Zo vallen bijvoorbeeld kosten van verschillende maatregelen bij verschillende partijen: dit vermindert de slagkracht van de gemeente om bepaalde handelingen en investeringen af te dwingen. Het is dus nog de vraag hoe realistisch het is dat de maatregelen binnen de gestelde termijnen worden uitgevoerd.

Vervolgonderzoek

- Bodemdaling is een zeer complex probleem. Inzicht in de 'knoppen waaraan gedraaid kan worden' en hun dosis-effect relatie is nodig, maar op vele fronten omgeven door onzekerheid en onbekende factoren. Een nuttige stap zou kunnen zijn gezamenlijk te bouwen aan een systeem-dynamisch model om een beter beeld te krijgen van de alternatieven en van elkaar een gezamenlijk leerproces door te maken. Hierin zouden dan onder andere maatregelen, de effecten van deze maatregelen en onzekerheden die deze effecten beïnvloeden overzichtelijk in kaart worden gebracht.
- Ook de beschikbaarheid van kostenkentalen in de context van bodemdaling is een groot hiaat – met name voor de verwachte schade aan woningen en oorzaken ervan en meerkosten aan infrastructuur is weinig bekend. Ook lijkt het redelijk aan te nemen dat investeringen in het pand in relatie tot bodemdaling tot waardevermindering kunnen leiden – bijvoorbeeld het aanleggen van een souterrain. Nader onderzoek op deze punten is wenselijk.
- Voor deze analyse zijn een aantal snelle aannames gedaan hoe mogelijke maatregelen binnen de handelingsperspectieven eruit kunnen zien. Hierbinnen is geen brede analyse gedaan van mogelijke opties of varianten binnen deze maatregelen. Een nader onderzoek naar mogelijke opties en ervaringen met maatregelen elders zouden de alternatieven realistischer en scherper maken. Dit is niet bij uitstek onderdeel van een MKBA: het hoort eerder thuis in het daaraan voorafgaande besluitvormingsproces; of de stap na de MKBA waarin het voorkeursalternatief verder uitgewerkt wordt
- Meer metingen gericht op het beter in beeld krijgen van de belangrijkste dosis-effect relaties: bijvoorbeeld tussen bodemdaling/ versilzetting en de (ernst van de) schade aan woningen.

6 Referenties

- Abidin HZ, Andreas H, Gumilar I, et al (2015) Environmental Impacts of Land Subsidence in Urban Areas of Indonesia Environmental Impacts of Land Subsidence in Urban Areas of Indonesia. 17–21
- Bellaart W (2008) Evaluatie funderingen per 1 juli 2008, Dordrecht
- Beusekom GW Van (2000) Bacteriële aantasting van houten paalfunderingen
- Born GJ van den, Kragt F, Henkens D, et al (2016) Dalende bodems , stijgende kosten
- Gemeente Gouda (2016) Beheerplan Groot- en Vervangingsonderhoud Openbare Ruimte 2016-2019
- Gemeente Gouda, HHSR (2015) Actualisatie Waterplan Gouda, periode 2011-2015, ambities en onderzoeksagenda
- Groenendijk MJ (2017) Vervolgonderzoek funderingen Gouda: geactualiseerde Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)
- Henkens D (2013) Towards a sustainable peat meadow . Cost-benefit scenarios of soil subsidence in the jurisdiction of water board de. Universiteit Utrecht
- HHSR (2007) Watersysteembeschrijving en knelpunten stadsboezem Gouda
- Hommes S (2017) Werksessies I en II, governance spoor TKI project Aanpak bodemdaling Gouda
- Hoogheemraadschap Rijnland (2017) Programmabegroting 2017
- Hoogvliet M, Buma J, Oostrom N Van, et al (2012) Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied
- Offerteadviseur (2016) Kosten buitenmuur repareren. In: www.offerteadviseur.nl. <https://www.offerteadviseur.nl/categorie/bouw/verbouwing/kosten-buitenmuur-repareren/>
- Pieterse N, Broek L van den, Pols L, Huitzing H (2015) Het Groene Hart in Beeld, Een uniek veengebied midden in de Randstad. Den Haag
- Postma N (2017) The Extra Costs of Soil Subsidence. VU
- RIVM (2012) Vocht in de woning. In: www.rivm.nl. http://www.rivm.nl/Onderwerpen/B/Binnenmilieu/Vocht_schimmels_en_allergenen/Vocht_in_de_woning. Accessed 11 Jun 2017
- Romijn G, Renes G (2013) Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse. De Swart, Den Haag
- RPS (2017) Respons (RPS). 52125143/4892554
- Ruijgrok ECM, Smale AJ, Zijlstra R, et al (2006) Kentallen Waardering Natuur , Water , Bodem en Landschap - Hulpmiddel bij MKBA's
- Schot E, Jong A 't, Fijan A, et al (2015) Gemeentelijk Rioleringsplan Gouda 2014-2018
- Seijger C, Verheijen E (2016) Governance handelingsperspectieven voor bodemdaling in Gouda
- Shabha G, Kuhwald K (1995) Subsidence and the associated problems with reference to low-rise housing. Struct Surv 13:28–35. doi: 10.1108/02630809510099846
- Suijs H (2016) Watermodel binnenstad Gouda - Analyse van de gevolgen van extreme regenbuien. Gouda
- USDI (1991) Final Environmental Impact Statement - valid existing rights. Proposed revisions to the permanent program regulations implementing section 552(e) of the surface mining control and reclamation act of 1977 and proposed rulemaking clarifying the applicability, OSM-EIS-29. US Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement
- Veldkamp TIE (2012) Pole-faults - Developing a methodology for the risk assessment of wooden pile foundation problems in urban areas caused by periods of cumulative drought under climate change. Vrije Universiteit Amsterdam
- Vries M De, Bakker L, Robins S (2016) Adviesrapport “ Heel Holland Zakt .” Deventer
- Winsen MR, Velzen HJ, Dasselaar M, van der Mark AJ (2015) Archeologisch en bouwhistorisch bureauonderzoek van de historische binnenstad van Gouda - In het kader van het projectplan “stevige stad op slappe bodem.” Gouda
- Www.nu.nl (2003) Hevige regenval veroorzaakt wateroverlast in Gouda. <http://www.nu.nl/algemeen/201136/hevige-regenval-veroorzaakt-wateroverlast-in->

gouda.html. Accessed 24 Jul 2017
www.youtube.com (2016) Wateroverlast met stromende rivier Spoortunnel Gouda 30 mei 2016.
https://www.youtube.com/watch?v=R--dmQ_b1LI. Accessed 24 Jul 2017

A Appendix

A.1 Analyse maatschappelijke kosten bodemdaling bestaande rapporten en tools

Eerdere tools en studies naar de maatschappelijke kosten van bodemdaling

In 2015 verscheen een studie van het PBL naar bodemdaling en kosten hiervan in het Groene hard – in het landelijk gebied vallen de extra kosten voor bodembeheer als gevolg van bodemdaling vooral ten deel aan overheden (Pieterse et al. 2015). Het gaat hier voornamelijk om peilbeheer (pompkosten), effecten op keringen, stuwen en kabels en leidingen, herstel van wegen en rioleringen. Ook is er uitstoot van CO₂ door veenoxidatie. In het stedelijk gebied is het complexer om de maatschappelijke kosten van bodemdaling in beeld te brengen. In 2016 verscheen er een rapport van het PBL dat hier deels op ingaat (Born et al. 2016): in de stad bestaan er veel verschillende typen funderingen – die anders reageren op een bepaald grondwaterbeleid – door elkaar heen. Zeker in oudere historische kernen is dit een veel voorkomend probleem, waar niet direct een voor de hand liggende oplossing voor bestaat. Daarnaast maken een heterogene ondergrond en veel verschillende infrastructuren dicht bij elkaar het vinden van een optimaal alternatief complex, terwijl de noodzaak een beslissing te nemen hoger wordt naarmate de stad verder zakt. Het PBL heeft becijferd dat de kosten voor bodemdaling in het veenweidegebied tot wel €22 miljard kunnen oplopen in 2050, deze kosten bestaan voornamelijk uit mitigatie- en herstelkosten van ontstane schade. Bij nieuwbouw gaat het erom zo goed mogelijk te voorkomen dat in de toekomst schade of extra onderhoud optreedt. De LocationCalc tool¹⁴, ontwikkeld door Sweco, biedt een eerste handvat om bij gebiedsontwikkeling in de ontwerpfase van een gebied al een beeld te vormen van aanleg-, beheer- en onderhoudskosten. Ook de door Tauw ontwikkelde RE:PEAT tool geeft een beeld bij de impact van bepaalde ingrepen in een dalend gebied, met name bedoeld voor interactieve sessies waarin toekomstscenario worden verkend¹⁵. Op dit moment werken Hogeschool Saxion, Hogeschool Utrecht en Aeres Hogeschool aan een bodemdalingstoolkit, waar kennis, instrumenten en ervaringen in worden samengebracht.

A.2 Schadecategorieën gebouwen door bodemdaling

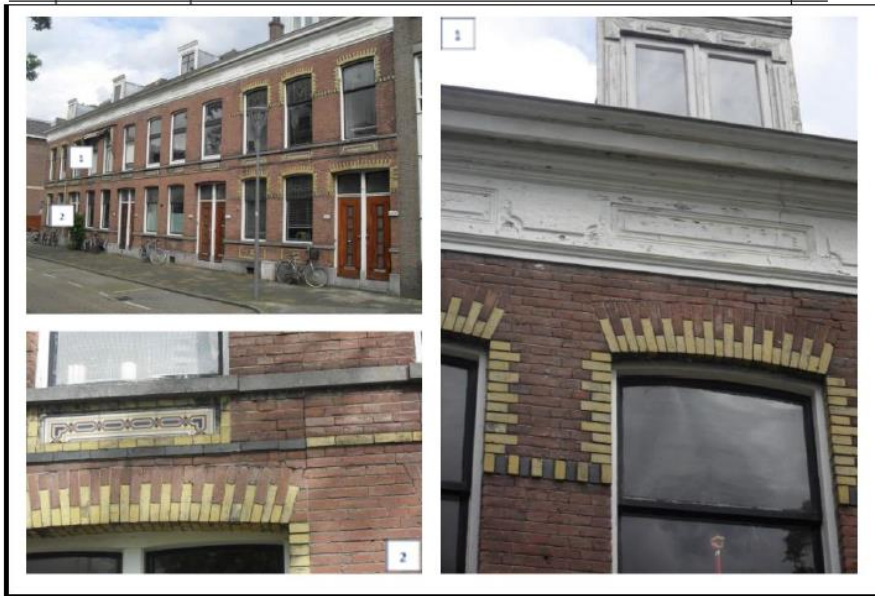
Momenteel onderzoekt een afstudeerder bij Deltares schade aan woningen en herstelkosten (dit onderzoek is naar verwachting oktober 2017 afgerond. In dit onderzoek worden de volgende schade categorieën gehanteerd:

¹⁴ <https://www.sweco.nl/innovaties/locationcalc-duurzame-keuzes-bij-gebiedsontwikkeling/>

¹⁵ <http://www.tauw.nl/nieuws/artikel/repeat-3d-simulatie-bij-bodemdeling/>

Building damage fact-sheets – Damage building level D2

D2	Slight	Cracks easily filled. Redecoration probably required. Recurrent cracks can be masked by suitable linings.	☐
----	--------	---	---



Building damage fact-sheets – Damage building level D3

D3	Moderate	The cracks requires some opening up and can be patched by a mason. Repointing of external brickwork and possibly a small amount of brickwork to be replaced. Service pipes may fracture.	☐
----	----------	--	---



Building damage fact-sheets – Damage building level D4

D4	Severe	Extensive repair work involving breaking-out and replacing sections of walls, especially over doors and windows. Walls leaning or bulging noticeably, some loss of bearing in beams. Service pipes disrupted. ☐
----	--------	--



Building damage fact-sheets – Damage building level D5

D5	Very Severe	This requires a major repair job involving partial or complete rebuilding. Beams lose bearing, walls lean badly and require shoring. Danger of instability. ☐
----	-------------	--



A.3 Aannames berekening investeringskosten

A.3.1 Funderingen

A.3.1.1 Achtergrond

In de binnenstad van Gouda zijn verschillende funderingstypen toegepast (Figure Apx A.1).

Periode	Type fundering	Impact bodemdaling
1250-1902	Op 'staal': geen palen maar plat frame op de ondergrond	<i>Dalingsgevoelig</i>
1903-1950	Houten palen	<i>Dalingsgevoelig</i>
	<u>Op kleef</u> : funderingsmuur bestaande uit dicht op elkaar geplaatste ondiepe houten palen (tot 5 meter)	
	<u>Op stuit</u> : fundering op houten palen op een draagkrachtige ondergrond (diepe fundering)	
1920-1950	Houten palen met betonnen ophangers	<i>Dalingsgevoelig bij sterke grondwaterdaling</i>
1950-heden	Betonnen palen op draagkrachtige ondergrond	<i>Niet dalingsgevoelig</i>

Figure Apx A.1 Funderingstypen in Gouda. Gebaseerd op: (Winsen et al. 2015; Vries et al. 2016)

Op grond van het rapport van Archeomedia (Winsen et al. 2015) en de informatie over de toegepaste funderingen per periode is de inschatting dat ongeveer de helft van de 3000 woningen in de binnenstad op staal of een houten fundering (op stuit of kleef) staan. Nieuw onderzoek (Groenendijk 2017) wijst uit dat van de woningen gebouwd voor 1950 er waarschijnlijk 450 op houten palen gefundeerd zijn en de helft op diepe, betonnen palen. 1050 panden zakken mee, 450 panden op houten fundering lopen risico op funderingsschade en 1500 panden zijn diep gefundeerd en blijven op dezelfde hoogte.

In het nulalternatief is de aanname dat funderingen reactief hersteld worden: deze post wordt beschreven in A.4.1.

A.3.1.2 Hoog Houden: funderingsherstel van woningen met een bouwjaar voor 1950

Het installeren van een diepe fundering onder een ondiep gefundeerd pand gaat als volgt: de aanwezige fundering blijft in de grond en ernaast of eronder worden betonnen palen geïnstalleerd. Dat gebeurt idealiter met een trillingsarme methode zoals persen, om trillingsschade te voorkomen. Dezelfde methode wordt toegepast bij herstel van houten paalfunderingen. In de binnenstad van Gouda ligt er vaak geen traditionele fundering op staal – dit is veen/kleigrond met een laag zand eroverheen – maar een laag waar ook historisch puin in zit. Daardoor kunnen de kosten hoger uitvallen dan gemiddeld. Een vergelijkend onderzoek naar funderingsherstelkosten (A.4.1) laat bedragen tussen € 25.000-52.500 per huis zien. De indicatie voor Dordrecht is hoger dan voor andere steden, omdat het hier gaat om grotere en duurdere woningen. De huizen in de binnenstad van Gouda zijn hiermee het beste te vergelijken. Op grond hiervan worden aangenomen dat de kosten voor het merendeel van de woningen in de binnenstad tussen € 50.000 en 70.000 per woning zullen

vallen (getoetst bij ir. Dick de Jong, KCAF). In de MKBA van Vries et al. (2016) werd uitgegaan van kosten tussen € 55.000 en 100.000: dit lijkt wat aan de hoge kant.

Figuur A.2 Vergelijking van funderingsherstelkosten. Bron: (Veldkamp 2012)

Municipality	Restoration costs per house	Loan	Working load	Source problem
Dordrecht	€ 52,500	€ 6,810	800	Fungi
Gouda	€ 25,000	€ 15,000	Not known	Fungi
Haarlem	€ 30,000	€ 18,500	3500	Bacteria
Schiedam	€ 29,500	€ 4,500	All houses with a shallow foundation	Negative suction
Waddinxveen	€ 23,325	€ 13,613	Not known	Fungi
Zaanstad	€ 28,000	€ 1,815	1700	Bacteria

In alternatief Hoog Houden worden alle panden op staal of kleef in de binnenstad gefundeerd om hoogte te behouden. Aannames voor de MKBA:

- Door hogere waterstanden in dit alternatief (nog 1 peilverlaging) hoeven slechts 150 panden funderingsherstel. De overige 300 op hout gefundeerde woningen blijven door de hoge grondwaterstand in goede staat.
- De woningen die op staal of kleef gefundeerd zijn (~ 1050) krijgen een diepe fundering.
- Het vervangingsproces neemt 20 jaar in beslag.
- De kosten van het aanleggen diepe fundering/ funderingsherstel: €50.000-€70.000 euro
- Met het diep funderen van alle woningen wordt verwachte schade door scheurvorming door ongelijke zetting voorkomen: tijdens de vervangingsfase (20 jaar) ontstaat erin afnemende mate nog wel schade

Kosten voor deze maatregel zijn € 38,2-53,5 miljoen.

Vervolgonderzoek zou zich kunnen richten op het verbeteren van de kostenindicatie voor het opnieuw funderen van panden in de binnenstad. Dit kan bijvoorbeeld door een aantal panden in de binnenstad te selecteren, hun oppervlakte te schatten (op basis van BAG) en te vermenigvuldigen met standaard prijzen voor diepe funderingen: € 1200-1400 per m² (*persoonlijke communicatie ir. Dick de Jong, KCAF*).

A.3.1.3 Laten Zakken: Preventieve maatregelen houten paalfunderingen

Eerder in het proces is gesproken over de mogelijkheid alle diep gefundeerde panden 'los te koppelen' zodat ze kunnen mee zakken met de bodemdaling; nieuw inzicht wijst uit dat dat in dit stadium geen realistische oplossing lijkt (zie tekstbox). Dit geldt ook voor de panden op houten paalfunderingen. Het lijkt tegenstrijdig om deze te herstellen (de panden blijven immers 'hoog staan') maar een goed alternatief is er niet: niet herstellen kan tot grote structurele schade aan het pand leiden. Daarom wordt in 'Laten Zakken' ingezet op het voorkomen van schade.

In het licht van technologische vooruitgang van preventiemaatregelen valt te verwachten dat herstelwerkzaamheden grotendeels voorkomen kunnen worden – zo wordt momenteel onderzoek gedaan naar manieren om bacteriële aantasting bij droogstand te voorkomen (Beusekom 2000) en worden proeven gedaan in Rotterdam met ondergrondse maatregelen¹⁶ om de fundering nat te houden (*persoonlijke communicatie ir. Dick de Jong*). Uit de proeven in Rotterdam komt een kostenindicatie van € 250 per pand naar voren bij een groep van 8. Er wordt aangenomen dat in het alternatief 'Laten Zakken' gebruik wordt gemaakt van preventieve maatregelen en dat hiermee herstelkosten aan houten paalfunderingen grotendeels voorkomen kunnen worden. De maatregelen worden ingesteld ten tijde van de 2^e peilverlaging (2045).

Kosten voor deze maatregel zijn € 0,46 miljoen.

Laten zakken: loskoppelen diepe fundering

In het bestuurlijke proces is voorheen bij het 'Laten Zakken' perspectief uitgegaan van de maatregel 'loskoppelen'. Hiermee werd bedoeld dat alle panden die op een diepe, betonnen fundering staan van hun fundering losgekoppeld moesten worden, zodat ze mee zouden kunnen zakken met de overige huizen en hierdoor schade door verschilzetting wordt voorkomen (inclusief schade aan huisaansluitingen met ondergrondse infrastructuur). Op dit moment bestaat er echter geen techniek waarmee de fundering losgekoppeld kan worden zonder recht boven de palen te komen; omdat de palen in het casco van panden verzonken zitten moet hiervoor het pand gesloopt worden (*persoonlijke communicatie ir. Dick de Jong, KCAF*). Mogelijk kan er in de toekomst een techniek ontwikkeld worden die minder ingrijpend is, maar voor deze MKBA is er, in het licht van de ambitie het karakter van de binnenstad zo goed mogelijk te behouden, voor gekozen deze optie te laten vervallen. Dit komt er op neer dat op dit punt het alternatief 'Laten Zakken' gelijk wordt gesteld aan het nulalternatief. In plaats van het loskoppelen van woningen wordt in het alternatief 'Laten Zakken' een mitigerende maatregel gekozen om woningen die een muur delen van elkaar los te halen, waardoor verschilzetting wordt voorkomen.

A.3.1.4 *Laten Zakken: mitigerende maatregelen verschilzettingschade*

Schade aan de façade en binnenmuren kan optreden bij verschilzetting¹⁷. Naar verwachting vormt dit met name een probleem als panden die een muur delen verschillend gefundeerd zijn (diep en ondiep). Tussen deze panden zit een dilatielaag: een laag waarin enige beweging mogelijk is. Hier zijn verschillende vormen van: een verankerde en een niet-verankerde laag. Naar schatting is de verhouding hiertussen 20-80%. Bij een niet-verankerde dilatielaag kunnen scheuren in de gevel ontstaan – deze kunnen worden hersteld (zie verder A.4.2.). Bij een verankerde dilatielaag zijn de mogelijke gevolgen ernstiger.

¹⁶ Bij de proef in Rotterdam is een soort klein eigen peilgebiedje aangelegd, waarin met een regelput en pomp het water onder de desbetreffende woningen hoog wordt gehouden.

¹⁷ Er is weinig bekend over de herstelkosten van schade aan panden door bodemdaling. Er zijn verschillende schade categorieën denkbaar - van cosmetische schade tot instabiliteit van het pand waarbij volledig herbouwen nodig is. Zie bijlage 7.3 voor een indeling van mogelijke schade in verschillende categorieën en enkele illustrerende beelden

Verankerde dilatielaag

Bij een verankerde dilatielaag is geen speling mogelijk: draagbalken van beide panden zitten verankerd in de dilatielaag. Verschilzetting zal leiden tot scheuren in de laag zelf met mogelijk ernstige gevolgen voor de woonbaarheid van het pand. Er is geen simpele oplossing om deze effecten te voorkomen: de enige optie is het loskoppelen van panden. Dit houdt een ingrijpende verbouwing in van een van beide panden. Voor de analyse wordt ervan uitgegaan dat deze kosten vergelijkbaar zijn met funderingsherstelkosten. Door monitoring van de panden met bijvoorbeeld satelliet kan tijdig worden gesignaleerd waar mogelijk werkzaamheden nodig zijn.

Aannames voor de MKBA:

- 10-20 % van de 3000 woningen in de binnenstad deelt een muur met een pand met andere dalingssnelheid (zie A.7.)
- Bij 20% van deze woningen is de dilatielaag verankerd en kan ernstige schade worden voorkomen door het loskoppelen van de panden: het gaat om 60-120 panden.
- De kosten voor deze werkzaamheden zijn vergelijkbaar met funderingsherstel: €50.000-70.000.
- De werkzaamheden worden verspreid over de komende 30 jaar.

Kosten voor deze maatregel komen op € 1,58 – 4,43 miljoen.

A.3.2 Openbaar terrein

In het nulalternatief en 'Hoog Houden' wordt de openbare ruimte periodiek op hoogte gehouden. In alternatief 'Laten Zakken' wordt alleen lokaal bij sterke zetting opgehoogd.

A.3.2.1 Achtergrond

Vries et al. (2016) definiëren de hoeveelheid openbare ruimte in de binnenstad als die gebieden die geen weg of gebouw zijn: 0,10 – 0,15 km². Het gaat hierbij bijvoorbeeld om groen en speelvoorzieningen.

Op dit moment is het beleid in de gemeente Gouda om openbare ruimte op te hogen als de droogligging (afstand tussen het maaiveld en de grondwaterstand) kleiner wordt dan 20 cm. Dit is echter niet altijd op alle locaties mogelijk (Postma 2017)¹⁸. Er zijn verschillende manieren om openbare ruimte op hoogte te houden, bijvoorbeeld:

- Cunettenmethode: ophoging met zand ter plaatse van toekomstige verhardingen en onverharde gebieden met grond
- Integraal ophogen: alles wordt opgehoogd met zand.

¹⁸ Postma (2017) heeft in het kader van dit project een afstudeerthesis geschreven waarin uitgaven van de Gemeente Gouda aan weg en rioolonderhoud ruimtelijk zijn gecorreleerd naar gemeten bodemdalingssnelheid. De samenvatting van dit onderzoek is te lezen in bijlage A.6..

(Vries et al. 2016) noemen twee bronnen voor de kosten van het ophogen van grond: kentallen voor ophoging met 20 cm van een wat groter gebied (1 km²) in Diemen en een wat kleiner gebied in Woerden met een ophoging van 70 cm. Dergelijke cijfers zijn niet beschikbaar voor Gouda zelf. De volgende kentallen worden geëxtrapoleerd naar de binnenstad van Gouda:

- Kental Diemen: 0,2 miljoen € (cunetten methode: 50% grond, 50% zand) voor een ophoging van 20 cm in een gebied van 0,1 km². Kosten voor werkvoorbereiding en uitvoering zijn hierin niet meegenomen.
- Kental Woerden: 1,8 miljoen euro voor ophogen 4 ha met 70 cm. Een ophoging van 20 centimeter in een gebied van 0,1 km² zou op basis hiervan 1,3 miljoen € kosten.

A.3.2.2 Nulalternatief: periodiek ophogen openbaar terrein
zettingssnelheden zal over 50 jaar gemiddeld 15-25 cm gezakt zijn, over 100 jaar 30-50 centimeter. Lokaal is er uiteraard variatie in dalingsnelheden.

Uitgaande van twee verhogingen van openbare ruimte (0,1-0,15 km²) in 2020 en 2070 vallen de kosten tussen € 0,15 en 1,33 miljoen.

A.3.2.3 Hoog Houden: periodiek ophogen

In het alternatief Hoog Houden wordt het grondwaterpeil nog één keer verlaagd om de bodemdaling te beperken – deze zal naar verwachting desalniettemin voortzetten met gemiddeld 2-3 mm per jaar. Openbaar terrein zal nog 1 keer met 20 centimeter worden verhoogd, in 2020 – met deze zettingssnelheid (uitgaande van gemiddelden), duurt het minstens 100 jaar voor er weer 20 centimeter gedaald is.

De kosten hiervoor liggen tussen € 0,18 en 0,26 miljoen.

A.3.2.4 Laten Zakken: gericht op locatie ophogen bij sterke zetting

In principe is het beleid bij 'Laten Zakken' om bodemdaling toe te staan en maatregelen te nemen om schade te beperken, maar om niet actief te werken aan het behoud van de huidige hoogte. Omdat de bodemdaling echter op sommige plaatsen sterk kan variëren, is het wenselijk om op bepaalde plekken gericht te verhogen om al te grote reliëfvorming (en afvoerputjes op ongewenste locaties) te voorkomen. Aangenomen wordt dat elke 50 jaar 10% van het openbaar terrein wordt opgehoogd.

De kosten hiervoor liggen tussen € 0,02 en 0,19 miljoen.

A.3.3 Wegen

In de huidige situatie worden wegen eens in de zoveel tijd opgehoogd – dit is vaker nodig dan gemiddeld in Nederland. Door de bodemdaling ontstaan er ook eerder onregelmatigheden in het wegdek, met hogere B&O kosten tot gevolg. Vervangingsonderhoud, waarbij het gehele wegdek opnieuw wordt vervangen, gebeurt in Gouda in principe als de minimale droogleggingseis van 20 cm niet wordt gehaald (Gemeente Gouda 2016).

A.3.3.1 Nulalternatief

In het nulalternatief worden net als in de huidige situatie wegen vaker dan gemiddeld in Nederland opgehoogd met regulier of mogelijk lichter ophoogmateriaal, en zijn onderhoudskosten relatief hoog: zie A.4.4.

A.3.3.2 Hoog Houden: weg funderen

Er zijn twee manieren om verzakken van de weg tegen te gaan of te verminderen: het op palen zetten of met speciaal materiaal ophogen van de weg. Als de weg wordt gefundeerd, zakt de weg helemaal niet meer. Het ophogen met licht materiaal, zoals in het nabijgelegen Woerden afgelopen jaren is gedaan, vermindert de zakking significant (de wegen blijven 'drijven' op het veen (Vries et al. 2016)).

Vries et al (2016) berekenen dat er in de binnenstad van Gouda omstreeks 100.000 m² wegoppervlak ligt. In navolging van de ophoging van de N210 met een paalmatrassysteem is de aanname dat hiervoor 35.000 palen nodig zijn. De kosten per paal liggen tussen 80 en 285 euro voor respectievelijk 10 tot 15 meter diepte (per meter 8-19 euro afhankelijk van materiaal en dikte); de kosten per m² zijn ~ 230 tot 815 €. Bovenop de paalfundering komt een 'paalmatras' die zorgt voor gelijke verdeling van het gewicht. Dit kost tussen 32 en 38 euro per m². Daarnaast zijn er kosten voor het opnieuw aanleggen wegen in stedelijk gebied: Vries et al. (2016) houden 600 € per m² aan. Hierin baseren zij zich op een analyse van Royal Haskoning specifiek voor Gouda: dit bedrag ligt hoger dan gemiddeld vanwege aanleg in een veengebied en (binnen)stedelijk gebied. Het lijkt echter redelijk om aan te nemen dat ook in het nulalternatief en 'Laten Zakken' de wegen op enig moeten worden vervangen, en dat het funderen tegelijkertijd wordt gedaan. Daarom worden de kosten voor het opnieuw aanleggen van de weg niet meegenomen maar alleen de meerkosten voor het funderen berekend. Alleen materiaalkosten zijn bekend, niet de meerkosten van aanleg; het bedrag is dus waarschijnlijk een onderschatting van de daadwerkelijke kosten.

Aangenomen wordt dat met het funderen van de weg de meerkosten aan B&O 100 % worden voorkomen. Ook de levensduur van de weg wordt verlengd: het is echter op dit moment niet voldoende bekend om dit effect te kunnen meenemen in de kwantitatieve analyse.

De kosten voor het funderen van wegen liggen tussen € 18 en 75 miljoen.

A.3.3.3 Laten zakken: met lucht materiaal ophogen

Door wegen op te hogen met licht materiaal zoals piepschuim (EPS blokken) gaat de weg als het ware drijven op het veen: de levensduur van de weg wordt langer en schade door vershilzetting wordt voorkomen. Kosten voor het ophogen liggen tussen 45 en 75 euro per m² (Vries et al. 2016). Aangenomen wordt dat in dit alternatief het lichte materiaal wordt toegepast bij regulier geplande vervangingswerkzaamheden. Punt van aandacht/ toekomstig onderzoek is de impact van het toepassen met licht materiaal op het 'meezakken' van de weg. Beweegt hij inderdaad mee met de rest van de stedelijke omgeving of blijft de weg toch hoger liggen?

De kosten voor het ophogen van het wegdek liggen tussen € 1,3 en 2,1 miljoen.

Aangenomen wordt dat met het ophogen van het wegdek met licht materiaal de meerkosten aan beheer en onderhoud van het wegdek 100 % worden voorkomen. Ook de levensduur wordt verlengd: hierover is op dit moment echter niet genoeg bekend om dit effect mee te kunnen nemen in de analyse

A.3.4 Riolen

In alle alternatieven wordt het huidige riool vervangen voor een DIT riool. Hiermee is er geen onderscheid meer tussen de perspectieven op dit punt: kosten vallen tegen elkaar weg. De kosten van de vervanging van het riool worden indicatief berekend maar omdat deze tegen elkaar wegvallen niet opgenomen in de MKBA. Wel worden in 'Hoog Houden' en 'Laten Zakken' aanvullende maatregelen genomen naast het vervangen van de riolering: deze maatregelen worden beschreven en gekwantificeerd. Het vervangen van het riool duurt 20 jaar.

A.3.4.1 Achtergrond

Het riool in de binnenstad van Gouda is opgeboeid. Om te voorkomen dat het grondwater via de lekken het rioolstelsel binnendringt met uitzakkende grondwaterspiegel en paalrot tot gevolg, is het riool altijd gevuld met afvalwater zodat het grondwater niet kan binnenstromen. Om gezondheidsrisico's en stankoverlast te voorkomen, moet het riool elke 46 weken volledig worden doorgespoeld met oppervlaktewater. Bij verwachte extreme regenval wordt de waterstand in het riool verlaagd.

Vervangingsbeleid gemeente Gouda

De gemeente Gouda heeft de ambitie het stelsel voor 2020 volledig te vervangen voor een modern gescheiden stelsel, met apart afvalwater en hemelwater¹⁹. In de rest van de stad is hiermee reeds van start gegaan. Voor 2020 is echter niet haalbaar voor de binnenstad. De verwachting is dat vervangen voor een zogenaamd DIT riool: drainage, infiltratie en transport – in alle alternatieven aantrekkelijk is. Bij 'Hoog Houden' kan hiermee door middel van infiltratie in tijden van droogte het waterpeil op hoogte worden gehouden en bij voorspelde regenval kan worden gestuurd op infiltratiecapaciteit; bij 'Laten Zakken' kan de drainagebasis op het gewenste niveau worden gehouden. Daarom lijkt het realistisch aan te nemen dat ook in de binnenstad op relatief korte termijn zal worden begonnen aan vervanging van het riool, waarbij een gescheiden stelsel wordt aangelegd.

In de binnenstad ligt 11,5 kilometer: voor aanleg van een gescheiden riool wordt 1150 € per m² gerekend (www.riool.net). Het gaat dus om een investering van ongeveer 13 miljoen (zonder verdiscontering over de tijd). Hierin zijn de meerkosten van een DIT-riool ten opzichte van een regulier DWA en RWA stelsel niet meegenomen.

A.3.4.2 Nulalternatief

In het nulalternatief worden er geen speciale aanpassingen gedaan aan de huisaansluiting: problemen met schade aan huisaansluiting en verstopping door verschildzetting blijven bestaan.

¹⁹ (http://cyclusnv.nl/sites/cyclusnv.nl/files/files/Opgeboeid_riool_jun12.pdf).

A.3.4.3 Hoog Houden: funderen van het riool

Er ligt 11,5 kilometer aan opgeboeide riolering in de binnenstad (Vries et al. 2016). Dit is een gemengd systeem. In de nieuwe situatie wordt een gescheiden stelsel aangelegd; daarmee komt er 23 km riolering in de binnenstad. Het onderhouden van het riool vereist 2-4 heipalen per 5 meter; aanleg hiervan kost per paal tussen 350-500 euro, vergelijkbaar met het funderen van woningen (Vries et al. 2016). Aangenomen wordt dat door het zowel alle huizen als het nieuw aan te leggen riool te funderen geen schade meer ontstaat aan huisaansluiting.

De kosten voor het funderen van het riool liggen tussen € 58,6 en 115,5 miljoen

A.3.4.4 Laten Zakken: flexibele huisaansluiting

In dit alternatief worden flexibele huisaansluitingen aangelegd die een zettingsverschil van 30 centimeter opvangen. Hiermee wordt niet alle risico op schade aan huisaansluitingen weggenomen (immers is de verwachte daling lokaal groter) maar wel een belangrijk deel. Belangrijk bij flexibele huisaansluitingen is dat er bij de aanleg van het nieuwe DIT riool voor voldoende verhang wordt gezorgd. Naar schatting zijn kosten voor flexibele huisaansluitingen bij grotere aantallen relatief gering (persoonlijke communicatie Rob Hermans, Rioned). Aangenomen is dat de nieuwe flexibele huisaansluitingen worden meegekoppeld met de vervanging van het riool. In verhouding tot de kosten voor vervanging of aanleg van een nieuwe huisaansluiting komt er 5% bovenop de gebruikelijke gemiddelde kosten voor een huisaansluiting.

De kosten voor een rioolaansluiting staan vaak vast per gemeente, maar variëren sterk tussen gemeentes onderling. Verschillen hangen onder andere af van de lengte van het stuk tot het hoofdriool. Een benchmark van de aansluitkosten van de riolering die door verschillende gemeenten in Nederland worden gehanteerd (Mulder, 2013²⁰) laat zien dat de kosten tussen 500 en 1500 euro liggen (met enkele uitschieters).

Uitgangspunten;

- Kosten zijn 500 en 1500 € voor een huisaansluiting
- Een flexibele oplossing is 5% duurder (*persoonlijke communicatie Rob Hermans, Rioned: dit kost relatief weinig als er grotere aantallen nodig zijn*).
- Het probleem zal met name voorkomen bij diep gefundeerde panden: 1500 woningen in Gouda zullen een nieuwe aansluiting krijgen (vanaf 2017).

De kosten voor het funderen van het riool liggen tussen € 0,57 en 1,70 miljoen

²⁰ <http://www.heusdentransparant.nl/docs/2013/Memo%20inzake%20benchmark%20aansluitkosten%20riolering.pdf>

A.3.5 Watersysteem

A.3.5.1 Achtergrond

Om een waterpeilverlaging te realiseren is extra gemaalcapaciteit nodig. Op dit moment geeft Hoogheemraadschap Rijnland 9 miljoen € uit aan het reguleren van de waterpeilen in hun beheersgebied (Hoogheemraadschap Rijnland 2017). Hoeveel er in Gouda wordt uitgegeven is onbekend. De binnenstad van Gouda heeft een eigen watersysteem en –peil: Stadsboezem Gouda (Gemeente Gouda and HHSR 2015). Het wateroppervlak is 14,17 ha (18,84 % van het totale oppervlak van de gemeente). Het volume is 282,000 m³. Fluctuatie van het waterpeil is beperkt. Het peil kan niet te laag worden vanwege mogelijke schade aan constructies, maar ook niet te hoog in verband met wateroverlast. Bij (hoge) neerslag wordt het water via gemalen Mallegat en Hanepraai uitgeslagen naar omliggende polders: bij extreme neerslag wordt de capaciteit van boezemgemaal Gouda ook volledig ingezet. Ontkoppeling van het riool in Binnenstad West en Korte Akkeren geeft een extra belasting op de stadsboezem. Dit zal ook het geval zijn als het riool in de binnenstad zelf wordt ontkoppeld: er gaat meer water dat voorheen via de RWZI werd verwerkt direct naar het oppervlaktewater.

A.3.5.2 Nulalternatief peil volgt bodemdaling

In de afgelopen eeuwen is het peil in veenweidegebieden altijd mee verlaagd met de bodemdaling. Dit gebeurt ongeveer eens in de 20 tot 30 jaar. Met het verder dalen van de bodem in de binnenstad van Gouda (aanname voor het Nulalternatief: 3-5 mm/ gemiddeld jaar), de voorziene ontkoppeling van het riool en klimaatverandering, is de aanname dat dit beleid voortgezet wordt. Een periodieke peilverlaging blijft nodig om overstromingen te voorkomen. De eerste peilverlaging van 10 cm wordt zo snel mogelijk gerealiseerd.

De gemalen lijken voldoende capaciteit te hebben om dit te kunnen realiseren: meerkosten zullen bestaan uit energiekosten vanwege de hogere opvoerhoogte van het water.

Er is op dit moment onvoldoende informatie beschikbaar om hiervan een berekening te maken: vervolgonderzoek over het energieverbruik van de huidige gemalen en hoe dit beïnvloed zou worden door een hogere opvoerhoogte zou hier inzicht in kunnen bieden.

A.3.5.3 Hoog Houden nog 1 peilverlaging

Om de drooglegging voldoende te handhaven wordt het peil nog een maal verlaagd; daarna wordt via het hooghouden van infrastructuur voorkomen dat wateroverlast met bodemdaling verergerd. Hierdoor zijn op lange termijn kosten aan watersysteembeheer lager dan in het nulalternatief.

A.3.5.4 Laten Zakken: peil volgt bodemdaling

In 'Laten Zakken' worden dezelfde investeringen als in het nulalternatief gedaan.

A.3.5.5 Vervolgonderzoek

Om een beter beeld te krijgen van de benodigde investeringen in het watersysteem/ gemaalcapaciteit, is het zinvol het volgende verder uit te zoeken:

- Is er voldoende pompcapaciteit om de komende decennia het peil te kunnen laten dalen met bodemdaling;
- Wat is de invloed van ontkoppeling van de riolen in de binnenstad en klimaatverandering op het watersysteem en risico op wateroverlast;
- Welke mogelijkheden en knelpunten er zijn bij de huidige kunstwerken en watergangen en wat oplossingen zijn vanuit een systeembenadering.

A.3.6 Laten Zakken: waterproof maken woningen

In het 'Laten Zakken' alternatief worden mitigerende maatregelen genomen om schade door vochtindringing en wateroverlast te voorkomen. Hoewel in dit scenario het peil de bodemdaling blijft volgen, zal de drooglegging gering blijven en daarmee het risico op overstroming en vochtindringing gelijk of groter (door meer extreme weersomstandigheden).

Het waterdicht maken van de kruipruimte of kelder kan op verschillende manieren²¹:

- Met stijve bekuiping (dichtsmeren met een waterdichte pasta) of soepele bekuiping: € 2000 voor een kelder tot 16m²²².
- Drainage (vloer laten aflopen en hier een waterpomp plaatsen). Deze laatste voorkomt geen vocht maar krijgt het wel de kelder uit om erge schade te voorkomen.
- Vochtbestrijding (schimmel) met ventilatiesysteem: €1000-2000.

Het waterproof maken van een woning tegen overstromingen kan bestaan uit een aantal maatregelen binnenshuis en/of buitenshuis²³:

- Buitenmuren impregneren: ~ € 1000²⁴
- Tijdelijke waterkerende schotten voor ramen: ~€ 500 voor een schot met een breedte van 2 meter.
- Beschermen lager gelegen inrit of deur met een drempel te beschermen
- Terugslagkleppen in wc tegen overstroming van het riool: € 500
- Pomp plaatsen in de kelder om water zo snel mogelijk weer uit huis te krijgen.

In het Laten Zakken alternatief wordt weliswaar geïnvesteerd in het waterpeil, maar de aanname is dat de huidige stand van zaken qua overlast in kelders en door overstromingen behouden blijft. Op dit moment zijn er ook enkele bewoners die zelf met een pomp hun kelder droog houden. Om het probleem van reliëfvorming in achtertuinen niet te verergeren, zal dit ontmoedigd moeten worden. Aangenomen wordt dat 80 % van de woningen overlast ondervindt in kelder of kruipruimte, door schimmel of onderlopen.

Hoewel het uiteraard gaat om maatwerk per woning, wordt voor de analyse aangenomen dat van de 3000 woningen in de binnenstad het bij 2000 woningen zinvol (meer baten dan kosten) is om maatregelen te nemen om de kelder waterdicht te maken tegen vochtindringing en de woning te beschermen tegen overstromingen. Van de overige 1000 woningen wordt aangenomen dat zij niet op een risicovolle locatie liggen of er reeds maatregelen zijn genomen om de woning waterdicht te maken. Voor werkzaamheden aan de kelder wordt een prijs van €1000-2000 aangehouden; voor buitenshuis hetzelfde. Het gaat dus om €2000-4000 per woning. Als werkzaamheden in groepen woningen worden uitgevoerd zullen de kosten naar verwachting lager uitvallen. Aangenomen wordt dat de woningen binnen een tijdsspanne van 10 jaar onder handen worden genomen; alle schade door wateroverlast en vochtindringing wordt hiermee voorkomen.

De kosten voor het waterproof maken van 2000 woningen in de binnenstad liggen tussen 3,8 tot 7,6 miljoen €.

²¹ <https://www.murenvochtig.nl/kelder-waterdicht-maken>. Gemiddelde kosten

²² <https://www.homedeaal.nl/prijsgidsen/kosten-vochtbestrijding-kelder/>

²³ <https://www.utrecht.nl/fileadmin/uploads/documenten/wonen-en-leven/milieu/water/2016-07-handleiding-waterproof-website-24-6-16.pdf>

²⁴ <https://gevelenwand.nl/gevel-impregneren/gevel-impregneren-kosten/>

A.3.6.1 *Vervolgonderzoek*

In kaart brengen van locaties waar mogelijk met nathouden van houten paalfunderingen schade kan worden voorkomen, en waar momenteel met eigen pompen kelders worden droog gehouden. Hier zijn zeer gerichte oplossingen nodig, daarnaast zijn er mogelijk conflicterende belangen.

A.3.7 Tuinen: periodiek ophogen

In kaart brengen van locaties waar mogelijk met nathouden van houten paalfunderingen schade kan worden voorkomen, en waar momenteel met eigen pompen kelders worden droog gehouden. Hier zijn zeer gerichte oplossingen nodig, daarnaast zijn er mogelijk conflicterende belangen.

A.3.7.1 *Nulalternatief*

In het nulalternatief besluiten bewoners zelf over wat er gebeurt met hun tuin. Voor de analyse wordt aangenomen dat in het nulalternatief alle bewoners besluiten hun tuin eens in de 30 jaar op te hogen: de tuinen zijn in die tijd gemiddeld 9-15 cm gedaald. In de werkelijkheid zal echter niet iedereen zijn tuin ophogen; sommige bewoners zullen een moeilijker bereikbare, nattere tuin accepteren. In dit geval maken zij geen kosten, maar ondervinden wel schade: een tuin van lagere kwaliteit, of mogelijk kosten aan een trappetje om de tuin te kunnen bereiken. Deze kosten zullen niet zo hoog zijn als het ophogen van de tuin, dus mogelijk is er een lichte overschatting van deze kostenpost.

Kosten voor het periodiek ophogen van tuinen liggen tussen € 2,11 en 2,54 miljoen.

A.3.7.2 *Hoog Houden*

In het alternatief Hoog Houden worden de tuinen net als in het nulalternatief opgehoogd. Omdat de bodemdaling minder snel gaat (2-3 mm/jaar) door de hogere grondwaterstand, hoeft minder vaak te worden opgehoogd. Dezelfde gemiddelde daling (9-15 cm) wordt in dit alternatief pas na ruim 45-50 jaar bereikt.

A.3.7.3 *Laten Zakken*

In het Laten Zakken alternatief worden de tuinen niet opgehoogd, om te grote reliefverschillen met 'afvoerputjes' op ongewenste plekken te voorkomen. Dit betekent dat bij woningen waar de tuin harder zakt dan de woning (bijvoorbeeld omdat deze gefundeerd is) een diepteverschil zal ontstaan. Hier moeten oplossingen voor worden gezocht bij de woningconstructie – te denken valt aan een souterrain inbouwen, of trapjes naar de tuin toe. Kosten hiervoor worden niet berekend in deze MKBA.

A.4 Aannames berekening effecten**A.4.1** Funderingsschade**A.4.1.1** *Nulalternatief: Herstellen houden paalfunderingen*

Volgens de nieuwste inzichten zijn er in de binnenstad 450 panden op houten paalfunderingen (Groenendijk 2017): 150 hiervan liggen op het hoger gelegen deel van de binnenstad. Op den duur zullen met verdere peilverlagingen alle panden moeten worden hersteld.

Herstel van een houten paalfundering gaat op dezelfde manier als het aanleggen van een nieuwe diepe fundering onder een ondiep gefundeerd pand (A.7.). In het nulalternatief worden de volgende aannames gedaan t.a.v. het herstellen van houten funderingen:

- Na de 1^e peilverlaging moeten 50-100% de hoger gelegen panden worden hersteld: 75-150 panden.
- Vanaf de 2^e peilverlaging worden bij elke peilverlaging in de verhouding 1/3 van de resterende 300-375 funderingen hersteld.
- Kosten voor funderingsherstel in de binnenstad van Gouda liggen tussen 50.000 en 70.000 liggen.

Autonome ontwikkeling funderingsherstelmarkt

De kosten voor herstel zijn op dit moment €55.000-€70.000. Aangenomen wordt dat door technologische vooruitgang na de 2^e peilverlaging (in 2045) nog slechts 20-50% van deze kosten zal worden gemaakt: €16.500-€21.000.

Kosten voor herstel van houten paalfunderingen komen op € 3,8 en 9,7 miljoen.

Laten Zakken: reductie noodzaak tot herstel houten paalfundering

In alternatief 'Laten Zakken' wordt gebruik gemaakt van preventieve maatregelen na de tweede peilverlaging. Hierdoor hoeven 300 houten paalfunderingen niet te worden hersteld.

Dit levert een baat op van € 0,4-0,9 miljoen.

A.4.2 Schade aan gebouw door verschilzetting

A.4.2.1 *Nulalternatief: schade door verschilzetting*

dalingssnelheid. Veel blokken die aan elkaar vast zitten zullen in dezelfde tijd en dus op hetzelfde type fundering zijn gebouwd. Op basis van eerste INSAR-beelden, waar nog veel onzekerheid om bestaat, lijken 10-20 % van de woningen een buurhuis te hebben met een andere zakkingsnelheid (Figuur A.7; bijlage A.7).

Er zijn weinig bronnen die een schatting geven van de herstelkosten van scheuren. Naar verwachting is er een relatief brede bandbreedte: oude, historische panden zijn duurder om te herstellen dan nieuwbouwwoningen. Ook is er een verschil tussen het optisch herstellen (voegen, kitten) en grondig herstellen van de woning. Dit hangt af van de schadecategorie: deze lopen van oppervlakkig herstel tot in het ergste geval volledig verbouwen van het pand. Momenteel loopt een onderzoek in een viertal steden in Nederland waar de herstelkosten van schade wordt onderzocht. In FigureApx A.3 staan enkele kentallen genoemd. Op basis hiervan lijken gemiddelde herstelkosten rond € 4000 te liggen. Er valt echter te verwachten dat er op termijn ook woningen zijn die in de ernstigste schadecategorie zullen vallen: waar stabiliteit van het pand in gevaar is en het hele pand moet worden hersteld.

	Herstel van	Bron
€4200 (prijspeil 2007)	'Casco': basis vloeren en muren van de woning, niet cosmetisch. Onderdeel van herstelwerkzaamheden aan fundering. Gemiddeld bedrag Dordrecht 2003-2007	(Bellaart 2008)
Meer dan € 5000	Onbekend	(Vries et al. 2016)
3600 £ (prijspeil 1993)	Claims bij verzekeringen in Engeland voor schade door scheuren bij lage woningen	(Shabha and Kuhwald 1995)
1100-1600 € bij een te herstellen oppervlak van 20 m ² . ²⁵	Herstel van scheuren aan façade	(Offerteadviseur 2016)

FigureApx A.3 Kentallen voor herstel van schade aan gebouwen door bodemdaling.

Aannames voor het berekenen van verwachte schade aan woningen door daling in het nulalternatief:

- 10-20 %van de woningen ondervindt schade door ongelijke zetting. Het aantal woningen met schade loopt gelijkmatig op naarmate de zetting vordert.
- Bij 80% van de panden zijn herstelkosten matig tot gemiddeld en liggen in ordegrootte €1350-€5000.
- Bij 20% van deze panden is schade ernstig (bijvoorbeeld omdat de tussenmuur met naastgelegen pand een verankerde dilatie heeft) en moeten er ingrijpende herstelwerkzaamheden plaatsvinden. Om deze post mee te kunnen nemen in de MKBA worden dezelfde kosten als voor funderingsherstel aangehouden, hoewel kosten hiervoor onbekend zijn: €50.000-€70.000.

Schade door ongelijke zetting komt hiermee op 0,9 -3 miljoen € te liggen.

A.4.2.2 Vervolgonderzoek

- Verbeteren indicatie # panden waar scheuren door ongelijke setting zal ontstaan. Op basis van de Insar data kan worden bepaald waar ongelijkmatige zetting voorkomt en of deze panden al dan niet aan elkaar zitten. Op basis hiervan kan worden geprioriteerd en mogelijk ervoor worden gekozen om bepaalde huizenblokken op hoge fundering te laten staan (Laten Zakken) of geen nieuwe fundering aan te leggen (HHoog Houden)
- Kostenkentalenonderzoek naar schade aan panden door bodemdaling. Er is veel onderzoek gedaan naar categorisering van schade aan panden, maar nog onvoldoende gekoppeld aan kentallen. Mogelijke bronnen voor kentallen zijn aardbevingsschadeclaims in Groningen en de huisverzekeringsector in Engeland.

²⁵ Kosten voor vervangen van oud geworden voegwerk tussen stenen in de buitenmuur: aangenomen wordt dat hierbij ook nog enkele bakstenen moeten worden vervangen of verplaatst komt daar nog 20-40 euro per m² bij.

A.4.3 Wateroverlast en vochtindringing

De kosten van wateroverlast in stedelijk gebied zijn erg moeilijk in te schatten. Hoogvliet et al (2012) beschrijven beschikbare kentallen, waarvan in deze MKBA gebruik wordt gemaakt.

- Natschade aan groen in tuinen en parken
 - *3000 € per woning tot 2050 voor vervangen van bomen, struiken en gazons op particulier en openbaar terrein. In maatregelen is het ophogen van tuinen en openbaar terrein opgenomen: deze post gaat over de vervanging van het groen dat schade oploopt bij overstromingen. Hier heeft de mate van ophoging uiteraard wel effect op.*
- Schade aan wegdek
 - *1400 € per woning tot 2050 aan vervanging van bestrating in bestaand stedelijk gebied nabij woningen. Hier is wel overlap met extra kosten voor zettingsgevoelige gebieden voor wegonderhoud.*
- Schade aan gebouwen door grondwateroverlast: houten vloeren, metsel en stucwerk
 - *Op grond van een eerdere herstelkostenraming waarin niet geheel duidelijk is of het gaat om herstelkosten of preventieve maatregelen, wordt een bedrag van € 93 per woning tot 2050 berekend.*
- Schade aan gebouwen en goederen door water op straat
 - *Gemiddelde inboedelschade bij water op straat is €817, gebouwschade €1229. Het is onbekend hoe vaak dit voorkomt in Gouda. Voor bedrijfsgebouwen wordt een schadebedrag genoemd tussen €2000 en €30.000 per pand per gebeurtenis. Andere posten zijn onder andere schade door verkeersopstopping, uitval van publieke voorzieningen, gezondheidsschade door contact met water (opgestuwd uit riool).*
- Gezondheidsschade door vochtoverlast in woningen/ gebouwen
 - *Niet gekwantificeerd, maar het is wel bekend dat er een effect is: in vochtige woningen is het aantal COPD²⁶ klachten 50% hoger dan gemiddeld, en bij kinderen zelfs 350%.*

Niet alle woningen in de binnenstad zijn even gevoelig voor wateroverlast: op het hoger gelegen deel in de binnenstad zal de overlast beperkt zijn. Op basis van een aantal grove aannames wordt een inschatting gemaakt van de schade door wateroverlast in de 3 alternatieven. Er zijn geen gegevens over de huidige en toekomstige kans op wateroverlast – dit is een essentieel onderdeel in schatting van het risico (kans * effect) op wateroverlast. Daarom worden hiervoor aannames gedaan: werkelijk risico op wateroverlast kan zowel hoger als lager uitvallen. In verband met de tijdsdimensie van de beschikbare kentallen wordt het risico op wateroverlast tot 2050 berekend.

²⁶ COPD staat voor 'chronic obstructive pulmonary disease': een langdurende blijvende longziekte met vernauwing van de luchtwegen.

A.4.3.1 *Achtergrond*

In 2002 en 2003 hebben hevige zomerbuien geleid tot wateroverlast in de binnenstad, waarbij een aantal straten en stegen uren blank stonden, en water huizen, kelders en schuren is ingelopen. In 2002 zijn hierbij op 50 plaatsen in de binnenstad kelders leeggepompt: daarnaast werd een van de belangrijkste toegangswegen van de binnenstad, een tunnel onder het spoor, een tijd worden afgesloten (Www.nu.nl 2003). Ook in 2016 werd de tunnel na een regenbui enkele uren afgesloten voor het verkeer (www.youtube.com 2016).

De gemaalcapaciteit van Gemalen Hanepraai en Mallegat is in theorie voldoende om een piekbui op te kunnen vangen. Mogelijke oorzaak van de overstromingen in 2002 en 2003 zijn de trage afvoer van regenwater door beperkte rioolcapaciteit, geblokkeerde straatkolken en kolkleidingen en schuin aflopende straten naar winkels en huizen toe. Uit de toetsing van Rijnland blijkt dat Gouda voldoet aan de normen voor stedelijk gebied: hierbij mag eens in de 100 jaar net geen wateroverlast in de binnenstad optreden (HHSR 2007). Er is in deze analyse geen rekening gehouden met de invloed van bodemdaling op het risico op wateroverlast in de binnenstad.

De bodemdaling en klimaatverandering met meer extreme buien versterken beiden de kans op structurele wateroverlast op korte termijn. Bij ongewijzigd beleid zal met name aan de Turfmarkt eerder dan verwacht regelmatig wateroverlast (zoals onderlopende huizen en tuinen) voorkomen: zonder ingrijpen zal binnen een halve eeuw een derde van de binnenstad meerdere keren per jaar onder water staan (Suijs 2016). Deze oorzaken zijn niet los van elkaar te zien: als de bodemdaling wordt geremd bestaat er nog steeds een verhoogd risico op wateroverlast. Dalende bodem verhoogt het risico op wateroverlast verder: een integrale aanpak van het probleem is nodig.

A.4.3.2 *Nulalternatief*

In het nulalternatief stijgt de schade door wateroverlast ten opzichte van de huidige situatie (waarin nog aan de norm wordt voldaan) doordat de bergingscapaciteit in de binnenstad beperkt is en blijft. Aangenomen wordt:

- In oplopende mate (van geen tot een derde van de woningen) tot 2050 ontstaat *schade aan groen op particulier en openbaar terrein* – het effect van bodemdaling op de kans van wateroverlast wordt door het ophogen van tuinen en openbaar terrein teniet gedaan;
- *Schade aan wegdek* komt in de gehele binnenstad voor door bodemdaling en wateroverlast: het beschikbare kental voor vervanging van wegdek door schade door wateroverlast heeft overlap met meerkosten voor wegbeheer door bodemdaling. Er wordt geen aparte post opgenomen voor de impact van bodemdaling op beheer en onderhoud van wegen om dubbeltelling te voorkomen. Het lijkt echter redelijk aan te nemen dat als dit wel wordt meegenomen, de kosten voor beheer en onderhoud nog hoger zullen uitvallen: er zijn dus zowel meerkosten door wateroverlast als door (fysieke effecten van) bodemdaling.
- *Schade door grondwateroverlast* in de binnenstad komt bij de helft van de woningen voor.

- Voor berekening van de jaarlijkse *schade aan gebouwen en goederen door water op straat* is inzicht nodig in het effect van verschillende soorten intensiteit van events (clusterbuien, extreme neerslag etc) en de kans op deze events. Er is enkel informatie over de relatie tussen de intensiteit van buien en de hoeveelheid water op straat (Suijs 2016). Tot nu toe lijkt er geen relatie gelegd te zijn met kans en schade door water op straat. De binnenstad van Gouda is getoetst aan de norm voor wateroverlast in het stedelijk gebied. Volgens deze norm mag er eens in de 100 jaar geen wateroverlast optreden. Gouda voldoet aan deze norm. Dat betekent dat er alleen bij buien van minder dan een kans van eens in de 100 jaar schade kan ontstaan. Suijs (2016) beschrijft dat zonder ingrijpen binnen een halve eeuw (~2070) een derde van de binnenstad meerdere keren per jaar onder water zal staan. Met het aanleggen van een gescheiden rioleringsstelsel wordt een belangrijke oorzaak van de problematiek weggenomen. Voor de MKBA wordt aangenomen dat er in oplopende mate (tot 2050, vanwege dimensie beschikbare kentallen) jaarlijks 5-15 % van de binnenstad eenmaal onder water komt te staan²⁷.

Op basis van deze aannames komen de kosten van wateroverlast uit op omstreeks € 14,5 miljoen

A.4.3.3 Hooghouden

In het alternatief 'Hoog Houden' is de schade lager dan in het nulalternatief, met name door de reductie in bodemdalingssnelheid, investeringen in het op hoogte houden van wegdek (reductie overstromingskans), en investeringen in het funderen van riool zodat er minder kans is op verstoppingen. Daarentegen wordt minder geïnvesteerd in peilverlaging, mogelijk stijgt hierdoor de kans doordat er nog minder bergingsruimte is op het oppervlaktewater. Aangenomen wordt dat de schade ten opzichte van het nulalternatief met 5-10 % lager is.

Op basis van deze aannames komen de vermeden kosten van wateroverlast uit op € 0,7 – 1,45 miljoen.

A.4.3.4 Laten Zakken

In het 'Laten Zakken' alternatief ontstaat er dezelfde schade als in het nulalternatief aan groen in tuinen en openbare ruimte en wegen. Door het waterproofen van kelders en gebouwen wordt de schade die ontstaan aan inboedel en gebouw door water op de weg voorkomen (FigureApx A.4).

Op basis van deze aannames komen de vermeden kosten van wateroverlast uit op € 9,7 miljoen.

²⁷ Dit bedrag moet gezien worden als een mogelijke ordegrrootte van de schade: zonder beeld van het overstromingskans

– wat een erg complexe analyse is, met name in een stedelijk gebied als de binnenstad van Gouda. Het werkelijke risico kan sterk naar beneden of naar boven uitvallen. Daarnaast is schade nu gespreid tot 2050: schade die mogelijk na 2050 valt is niet meegenomen. Dit heeft te maken met de manier waarop de gebruikte kentallen zijn opgebouwd.

Schadeposten	Nulalternatief	Hoog Houden	Laten Zakken
Natschade groen	X	Mindere mate	X
Wegdek	X	-	X
Gebouwen: vloeren, metsel en stucwerk	X	Mindere mate	100% voorkomen
Schade aan gebouwen en goederen	X	Mindere mate	100% voorkomen
Gezondheidsschade	x	Mindere mate	100% voorkomen

FigureApx A.4 overzicht van effect alternatieven op schadeposten wateroverlast.

A.4.3.5 Vervolgonderzoek

Nader onderzoek naar de huidige en toekomstige kans op wateroverlast/ water op straat zou bovenstaande analyse sterk verbeteren. Hierin is een analyse van het huidige watersysteem en en oorzaken van overstromingen van belang, maar ook de invloed van toekomstscenario's op gebied van socio-economische ontwikkelingen, bodemdaling en investeringen in het riool.

A.4.4 Hogere beheer on onderhoudskosten wegen

Hogere kosten voor B&O in bodemdalingsgebieden bestaan enerzijds uit de noodzaak voor duurdere technieken om schade zo veel mogelijk te voorkomen (preventief) en anderzijds uit kortere levensduren, en hogere jaarlijkse beheer n onderhoudskosten. Problemen ontstaan in eerste instantie bij de aansluiting met gefundeerde constructies (zoals bruggen): daarnaast is er meer wateroverlast en ontstaan door ongelijke zetting schade aan het asfalt (Henkens 2013). Jaarlijkse meerkosten voor beheer van wegen op veen ten opzichte van wegen op steviger grond zijn €0,69-2,35 per m² (Born et al. 2016).

Nulalternatief

In de binnenstad ligt naar schatting 20 km wegdek. Uitgaande van een gemiddelde breedte van 5 meter, is het oppervlak 100.000 m².

Meerkosten aan wegonderhoud in het nulalternatief zijn € 1,55 tot 5,29 miljoen

A.4.5 Hogere beheerkosten kabels en leidingen

Born et al (2016) hanteren de aanname dat bij 20 cm zetting de leidingen moeten worden opgehaald: dit kost €1-2. Naast hogere beheerskosten is er in bodemdalingsgevoelige gebieden een hoger risico op calamiteiten: dit wordt niet meegenomen in de analyse.

Nulalternatief

Vries et al. (2016) schatten in dat er in de binnenstad tussen 85 en 115 km kabels en leidingen liggen: uitgangspunt is hierbij de ratio riolering: K+L. Die is in Nederland gemiddeld 1: 15. Omdat dit in stedelijk gebied lager zal liggen gaan ze uit van 1:7,5 en 1:10. Voor deze analyse wordt aangenomen dat de kabels en leidingen in het nulalternatief twee vervangingsmomenten zullen kennen: in 2030 en 2070 (na 70 jaar is er dan weer ~ 20 cm zakking geweest). Mogelijk leiden deze aannames door een overschatting: het is onbekend wanneer kabels en leidingen voor het laatst opgehaald zijn, e

Meerkosten aan kabels en leidingen komen hiermee op € 0,06 en 0,15 miljoen

A.4.6 Schade aan riool onder eigen perceel

Schade zoals scheuren of breken van de huisaansluiting kan ontstaan door een te grote verschilzetting tussen hoofdriool en woning. Herstelkosten zijn niet bekend; wel is de verwachting dat deze gemiddeld genomen niet gering zijn (Hoogvliet et al. 2012). Het aanleggen van een huisaansluiting kost in Nederland tussen €500 en 1500

A.4.6.1 *Nulalternatief*

In het nulalternatief is de verwachting dat er schade ontstaat door verschilzettingen. Het DIT riool wordt niet gefundeerd. Met name woningen met goede funderingen zullen hierdoor naar verwachting schade gaan ondervinden in de toekomst: de aansluiting met het riool zal op een gegeven moment breken of scheuren. Woningen met ondiepe funderingen zakken net als het riool mee met de bodem. Er zijn 1500 woningen op diepe funderingen. De aanname is dat deze verspreid over de komende decennia tot 2100 schade ondervinden. Om dit te herstellen zijn de werkzaamheden vergelijkbaar met het aanleggen van een nieuwe aansluiting: de straat moet open, en een deel van het materiaal moet worden vervangen. Aangenomen wordt dat herstelkosten tussen 500-1000 liggen (dus iets lager dan een volledig nieuwe aansluiting aanleggen).

Schade aan huisaansluitingen komt hiermee op € 0,2 en 0,4 miljoen.

A.4.6.2 *Hoog Houden*

In alternatief Hoog Houden worden alle woningen en het riool op palen gezet: deze zullen dus dezelfde hoogte behouden. Aangenomen wordt dat er geen schade aan de huisaansluiting ontstaat²⁸.

Voorkomen schade aan huisaansluitingen komt hiermee op 0,2 en 0,4 miljoen €.

A.4.6.3 *Laten Zakken*

In 'Laten Zakken' worden flexibele huisaansluitingen aangelegd, die verschilzetting kunnen opvangen. De vermeden kosten hierdoor zijn, met de aanname dat hiermee alle schade aan huisaansluitingen door verschilzetting voorkomen wordt, 0,2-0,4 miljoen €.

Voorkomen schade aan huisaansluitingen komt hiermee op 0,2 en 0,4 miljoen €.

²⁸ Dit is niet helemaal uitgesloten: het hoofdriool wordt gefundeerd en de woningen, maar het stuk van de huisaansluiting tot het hoofdriool niet. Hier is dus zetting mogelijk met mogelijk schade tot gevolg.

A.4.7 Hinder van werkzaamheden (trillings- en geluidsoverlast)

A.4.7.1 Achtergrond

In (Ruijgrok et al. 2006) wordt €1,33 aangehouden als kental per 'gehinderd' huishouden per dag. Dit gaat met name om geluids en trillingsoverlast van werkzaamheden in de nabije omgeving. In alle alternatieven is er sprake van werkzaamheden – meer dan in een gemiddelde woonwijk in Nederland. De ernst en duur van hinder is erg moeilijk in te schatten en voor een belangrijk deel beïnvloedbaar door goede afstemming en planning van werkzaamheden. Om toch een beeld te krijgen van de mogelijke orde grootte van deze post, worden hieronder voor elk alternatief enkele aannames gedaan.

Funderingsherstel

Het bedrijf 'Samson Funderingstechniek' houdt een verbouwingsduur van 6-8 maanden aan voor funderingsherstel²⁹. Scheurmeter.nl³⁰ geeft aan dat uitvoering van funderingsherstelwerkzaamheden vaak niet langer dan 2 maanden duurt, maar dat voorbereidingen langer duren. Vaak wordt de onderste verdieping van een huis in gebruik genomen voor de werkzaamheden, en zijn verdiepingen daarboven nog wel bereikbaar.

Voor de analyse wordt een gemiddelde duur van 3 maanden aangenomen voor de herstelwerkzaamheden

Infrastructuur

Een andere belangrijke bron van overlast zijn de voorgenomen vervangingswerkzaamheden aan het riool en herstel en/of mitigerende maatregelen aan de weg. Deze zijn voorgenomen binnen de komende 20 jaar, en zullen zo veel mogelijk tegelijkertijd worden uitgevoerd. Hoewel moeilijk is in te schatten in hoeverre dit overlast zal veroorzaken, is het uitgangspunt dat in het nulalternatief veel ad-hoc moet worden hersteld – hierdoor zijn werkzaamheden minder goed gezamenlijk in te richten/ mee te koppelen, wat er uiteindelijk op neer komt dat er vaker werkzaamheden zullen zijn aan infrastructuur.

A.4.7.2 Nulalternatief

Herstel van funderingen met houten palen gebeurt in drie rondes: op korte termijn 150 woningen (in het hoger gelegen deel): voor een duur van 3 maanden hebben deze woningen, en naastgelegen woningen, overlast (maximaal 300)³¹. Na peilverlagingen in de toekomst worden nog eens 250 funderingen hersteld.

Maatschappelijke kosten door hinder door herstelwerkzaamheden van funderingen komen uit op: ~ 50.000 € (0,05 miljoen).

²⁹ <http://www.samsonfunderingstechniek.nl/funderingsherstel-amsterdam>

³⁰ <http://www.samsonfunderingstechniek.nl/funderingsherstel-amsterdam>

³¹ Dit is mogelijk een overschatting, omdat er ook woningen zijn die zelf tegelijkertijd werkzaamheden hebben - idealiter worden er zoveel mogelijk werkzaamheden gekoppeld om overlast te voorkomen. Daarentegen is het gebruikte kental gebaseerd op meer 'indirecte' overlast: deze werkzaamheden zijn in eigen huis. Mogelijk is het gebruikte kental dus een onderschatting van de ondervonden overlast.

In het nulalternatief worden geen bijzondere maatregelen genomen om schade aan riool en weg te verminderen: de onderhoudsfrequentie van weg en riool is eens in de 20 jaar: Na de initiële periode waarin het riool vervangen wordt, houdt 5% van de bewoners dagelijks overlast van werkzaamheden. Overlast door herstelwerkzaamheden aan huisaansluitingen worden niet meegenomen.

Hinder door werkzaamheden komen uit op: ~ 2,9 miljoen €.

A.4.7.3 Hoog Houden

Diep funderen van woningen

In alternatief Hoog Houden worden de 1500 niet diep gefundeerde woningen in de binnenstad gefundeerd. De herstelwerkzaamheden worden verspreid over 20 jaar, waarbij deze woningen en buurwoningen overlast ondervinden van de werkzaamheden.

Hinder door herstelwerkzaamheden komen uit op: ~ 0,26 miljoen €.

Werkzaamheden

Na de initiële periode van 20 jaar met vervanging van het riool en het funderen van riolen, is het aantal inwoners dat overlast ondervindt van onderhoudswerkzaamheden nog 1 %. Dit omdat door het funderen van alle elementen de verwachting is dat er minder vaak schade ontstaat: de kans op verschildzetting is sterk verminderd, zodat de onderhoudslast lager wordt.

Hinder van werkzaamheden infrastructuur kost: 2,17 miljoen €.

A.4.7.4 Laten Zakken

De 150 hoger gelegen woningen met houten paalfunderingen moeten worden hersteld, net als in het nulalternatief. De aanname is echter dat mitigatie maatregelen schade aan de overige 300 woningen kunnen voorkomen.

Kosten overlast funderingsherstel: 50.000 euro

Vervangingswerkzaamheden en onderhoudsbehoefte van riool blijft gelijk; mogelijk is er wel een lagere onderhoudsbehoefte aan wegen vanwege het gebruik van lichter ophoogmateriaal. Na de initiele periode van 20 jaar waarin het riool vervangen wordt is het aantal inwoners dat nog overlast ondervindt van werkzaamheden jaarlijks 3%.

Kosten hinder werkzaamheden infrastructuur: 2,83 miljoen €.

A.5 Vergelijking met MKBA 'Heel Holland Zakt'

A.5.1 Resultaten MKBA 'Heel Holland Zakt'

Figuur A.5 en Figuur A.6 geven respectievelijk het overzicht van kostenposten en batenposten in de MKBA 'Heel Holland Zakt'.

Figuur A.5 Kostenposten overzicht van alternatieven in MKBA 'Heel Holland Zakt'. Alternatief 1= Hoog Houden; Alternatief 2 = Laten Zakken; alternatief 3 = compartimenteren.

Kostenposten	Handelings- perspectief 1	Handelings- perspectief 2	Handelings- perspectief 3
	Kosten (miljoen)	Kosten (miljoen)	Kosten (miljoen)
Herstellen of opnieuw aanleggen funderingen	80-135	-	30-50
Periodiek op hoogte houden van openbaar terrein	12,0	-	2,0
Wegen ophogen/op palen zetten	16,5-29,3	-	4,9-8,8
Riool vervangen en op palen zetten	42,5-45,5	-	13,1-14,0
Kabels en leidingen vervangen en op palen zetten	36-63	-	10,8-17,4
Schade aan panden door ongelijke bodemdaling	-	Onbekend	Onbekend
Wegen vervangen en herstellen	-	24	16,8
Loskoppelen en opnieuw funderen van panden met diepe funderingen (weghalen funderingen niet meegenomen)	-	1,0-2,5	0,8-2,0
Riool vervangen en herstellen	-	40,9	29,4
Kabels en leidingen vervangen en herstellen	-	Onbekend	Onbekend
Water steeds dieper wegpompen	-	Onbekend	Onbekend
Wateroverlast	-	Onbekend	Onbekend
Grondwaterstand per deelgebied reguleren	-	-	Kosten ge- maal: 14,2
Totale kosten:	187-284,8	65,9-67,4	122-154,6
Totale kosten contante waarde:	146-225	30-31	81-106,9

Figuur A.6 Kwalitatieve waardering van batenposten per alternatief uit MKBA 'Heel Holland Zakt': multi-criteria analyse

		Handelings- perspectief 1	Handelings- perspectief 2	Handelings- perspectief 3
Batenposten	Waarde (1-10)	Beoordeeld -2 tot +2	Beoordeeld -2 tot +2	Beoordeeld -2 tot +2
Meekoppelkansen	4	+2	-2	+1
Voorkomen risico's voor de volksgezondheid die ontstaan bij incidenten of langdurig disfunctioneren van nutsvoorzieningen	6	+2	-1	0
Minder sterke verzakkingen	9	+2	-2	-1
Frequentie onderhoudskosten	6	+2	-2	0
Kosten korte termijn	8	-2	+2	-1
Kosten lange termijn	6	0	-2	-1
Verstoring archeologische vindplaatsen	6	-2	+2	-1
Werkzaamheden in de binnenstad	8	-2	+2	-1
Lagere funderingskosten door maatwerk	4	-2	0	+2
Hoogteverschillen in de binnenstad op lange termijn	8	+2	-1	-2
Kwaliteit en waarde woningvoorraad	9	+1	-2	-1
Totaal:		+19	-38	-42

A.5.2 Vergelijking resultaten

In 2016 is er door enkele studenten van Hogeschool Saxion ook een MKBA opgesteld voor de handelingsperspectieven in de binnenstad van Gouda; deze MKBA heeft daarop voortgebouwd. In deze MKBA 'Heel Holland Zakt' (Vries et al. 2016) zijn voor drie handelingsperspectieven (Hoog Houden, Laten Zakken en Compartimenteren) voor zover mogelijk de investeringskosten berekend, en is een multi criteria analyse gedaan voor de effecten/ baten van de handelingsperspectieven. Hieronder worden kort de verschillen met deze MKBA beschreven en gemotiveerd.

Nulalternatief

In de MKBA 'Heel Holland Zakt' is ervoor voor gekozen om de handelingsperspectieven/alternatieven met elkaar te vergelijken en niet met een nulalternatief. Dit omdat het nulalternatief - op gelijke voet doorgaan - zonder actief beleid om schadelijke gevolgen te voorkomen of verminderen - niet als realistische mogelijkheid werd gezien. In deze MKBA is ervoor gekozen het nulalternatief wel mee te nemen en te definiëren als een reactief beleid. Het voordeel hiervan is:

- Het wordt mogelijk de baten van de handelingsperspectieven/ alternatieven te kwantificeren door ze af te zetten tegen de kosten/schade die ontstaan in het nulalternatief: 'vermeden schade'.
- Door het nulalternatief mee te nemen in de analyse ontstaat een beter beeld van de meerwaarde en het maatschappelijk nut van 'handelen' ten opzichte van 'niets doen'. Te denken valt bijvoorbeeld aan het voorkomen van schade aan panden door ongelijke zetting of overlast door schade aan nutsvoorzieningen. Dit biedt een betere onderbouwing van de noodzaak tot actie, en mogelijk handvaten voor prioritering in uitvoering.

Weergave overzichtstabel kosten/baten

In de kostentabel (Figuur A.5) worden de investeringskosten nominaal gepresenteerd: onderaan worden de totale kosten wel in contante waarde weergegeven. Dit is ongebruikelijk in een MKBA – zo valt het onderscheid tussen kosten die in de nabije en verdere toekomst liggen weg. In de context van bodemdaling kan het interessant zijn de nominale bedragen weer te geven om benodigde financiering in kaart te brengen, maar het geeft wel een vervormd beeld van de daadwerkelijke kosten.

In de kostentabel gaat het in eerste instantie om de kosten van uitvoering van het alternatief – niet om de maatschappelijke kosten die daarnaast bestaan. Sommige hiervan staan echter toch in deze tabel, zoals beheer en onderhoudskosten van ondergrondse en bovengrondse infrastructuur. Deze posten zijn deels ook kwalitatief verwerkt in de batentabel (**Error! Reference source not found.**). In voorliggende MKBA is een helderder onderscheid gemaakt tussen de 'kosten uitvoering/ investeringskosten' en 'effecten' (deze kunnen positief of negatief zijn). Dit biedt meer eenduidigheid aan de analyse en verkleint het risico op dubbeltelling³².

Doordat in de MKBA 'Heel Holland Zakt' de kwantitatieve kostentabel en kwalitatieve batentabel los gepresenteerd worden, valt het oog al gauw op de gunstige prijs van het 'Laten Zakken' alternatief. Het is makkelijk om hierin de kwalitatieve negatieve impact die dit alternatief heeft in de batenanalyse over het hoofd te zien. Daarom is het beter om alle resultaten zo mogelijk in één tabel te presenteren.

MKBA: Welvaartperspectief

De focus in de kwantitatieve analyse van MKBA 'Heel Holland Zakt' lag op het kwantificeren van de investeringskosten van de alternatieven. De baten van de alternatieven zijn kwalitatief beoordeeld met een multi-criteria analyse, en niet zoals gebruikelijk in een MKBA met een vertaalslag naar het *welvaartseffect* – zoals overlast van werkzaamheden, gezondheidsimpact, verlies van historisch erfgoed. Een aantal batenposten in de tabel zijn geen welvaartseffecten: bijvoorbeeld de post 'hoogteverschillen in de binnenstad op lange termijn' is een effect dat onder andere kan leiden tot een toename van de wateroverlast op deze plekken (negatieve baat), maar an sich geen impact heeft op de welvaart.

Verschillen in indicaties investeringskosten

In de tabel van MKBA 'Heel Holland Zakt' wordt per maatregel de nominale investeringskosten weergegeven; dit is ongebruikelijk. In voorliggende MKBA worden alleen de kosten uitgedrukt in contante waarde weergegeven. Dit verklaart een deel van het verschil in investeringskosten. Verder zijn in voorliggende MKBA een aantal aannames aangepast op grond van nieuwe inzichten, bijvoorbeeld op gebied van het aantal woningen op houten paalfunderingen. Daarnaast zijn gedane aannames en gebruikte kentallen vaak aangepast ten opzichte van de MKBA 'Heel Holland Zakt', zoals te lezen in bovenstaand hoofdstuk.

³² Zo is de post 'minder sterke verzakkingen' gecorreleerd met 'schade door ongelijke zetting' in de kostentabel. Ook de posten 'kosten korte termijn' en 'kosten lange termijn' hebben mogelijk een dubbeltelling met de investeringskosten-tabel, en met 'frequentie onderhoudskosten'.

A.6 Samenvatting thesis N. Postma (2017): Costs of soil subsidence

A.6.1 Abstract

In this research an analysis is made on the relationship between the costs on roads and sewers for the municipality and soil subsidence within the municipality. The analysis is made by performing a statistical regression on the costs on roads and sewers, multiple subsidence variables and some control variables. All the variables used in the regression are on a neighbourhood scale. To correct for size of the neighbourhood, the variables are scaled by dividing through the number of households and businesses. The variables on soil subsidence include all subsidence measurements, all subsidence measurements above one centimetre per year, all subsidence less than one centimetre per year, the average subsidence and the standard deviation of subsidence. The subsidence above one centimetre per year is established together with the municipality as a benchmark of maximum tolerable subsidence. The spatial analysis of the subsidence data shows that the majority of the neighbourhoods fall within the category of less than one centimetre subsidence per year and the average subsidence per municipality remains beneath one centimetre per year as well. This is beneath the benchmark of the municipality.

The statistical regression shows no statistically significant results on the soil subsidence parameters. The variables show a positive relationship, between subsidence and costs on roads and sewers, however, these are not significant. This indicates that with the current datasets no conclusion can be drawn on the relationship between the costs on roads and sewers and soil subsidence. This is most probably explained by the insufficient length of thirteen years of the costs dataset. The method used in this research is new in the field of costs of soil subsidence. Although the results show no statistically significance, the method does show potential to become useful in analysing the relationship between the costs for municipalities and soil subsidence.

A.6.2 Conclusion

The results from the regression analysis on the relationship between soil subsidence and the costs on roads and sewers for the municipality show no statistical significance and can therefore not be used to draw any hard conclusions about the extra costs on roads and sewers for municipality of Gouda due to soil subsidence. The control variable on house value does show a statistical significance on a 95% confidence interval. The negative relationship between house value and the costs on roads and sewers can, however, not be explained other than due to a too small time scale of thirteen years. More research is needed to verify whether house values still give a statistical significant result in explaining the variety in the costs on roads and sewers.

Even though the subsidence variables showed no statistical significance, the analysis does show potential to become useful in further research on the costs effects of soil subsidence for municipalities. Although none of the parameters for soil subsidence used in this analysis show a statistical significance, the sign before the coefficient does suggest a positive relation between soil subsidence and costs on roads and sewers. This can however only be proven by further research.

The visualization of the parameters on soil subsidence show that most of the neighbourhoods fall within the category of less than one centimetre subsidence per year. Although the maps show clearly that Gouda is subsiding, the rate at which this happens seems to be within the margins of the municipality of one centimetre per year. In the statistical analysis, however, variable on more than one centimetre subsidence does not seem to display the relationship with soil subsidence well. This is probably due a too short dataset on costs and subsidence.

To ensure that this way of analysing the costs of soil subsidence becomes useful for other municipalities, there are two things that need to improve on a municipal level. First, the costs that municipalities incur need to be monitored and archived as precise as possible. Only with accurate and well disaggregated project based costs, a useful statistical analysis can be performed. For the municipality of Gouda, the costs are archived, but more time and effort is needed to extract these costs from their archives and add them to the current dataset. Second, data ground level measurements need to be performed to accurately measure subsidence rates. This data needs to be collected on a regular basis, preferably every year, throughout the whole municipality.

A.7 Vervolgonderzoek: INSAR

Schatting van het% panden dat grenst aan een pand met een andere dalingsnelheid op basis van Figuur A.7 **Error! Reference source not found.**: 10-20 %.

Figuur A.7 SkyGEO screenshots Gouda; impressie – rondom deze gegevens bestaat nog veel onzekerheid.

