

## Quick scan bodemdaling in Amsterdam

Verkenning van omslagpunten leefbaarheid en economische impact in 5 pilotgebieden



## Quick scan bodemdaling in Amsterdam

Verkenning van omslagpunten leefbaarheid en economische impact in 5 pilotgebieden

### Auteur(s)

Saskia Hommes - Slag

Sien Kok

Daan Rooze

Mandy Kluts

Mark de Bel



# Samenvatting

Deze rapportage is het resultaat van een quick scan studie naar de omslagpunten in leefbaarheid en economische impact van bodemdaling op vijf pilotgebieden in de gemeente Amsterdam. Het onderzoek richt zich op de gebieden Tuindorp Oostzaan Oost, Terrasdorp, Helmersbuurt, Transvaalbuurt en Krulslaplantsoen. In de quick scan is gekeken naar een tijdshorizon tot 2070. Het quick scan karakter van dit onderzoek maakt dat een uitgebreide, gedetailleerde kwantificering niet mogelijk. Er is in dit onderzoek gewerkt met grove bestaande datasets over funderingen, grondwaterstanden en bodemdaling. Daarnaast zijn voor het bepalen van de omslagpunten leefbaarheid en de economische impact verschillende aannames gedaan en kosten kentallen gebruikt. De conclusies van dit onderzoek dienen vooral om een eerste schatting te maken van de verwachte economische impact en de urgentie van bodemdaling in de gemeente Amsterdam en moeten met uiterste voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

De impactanalyse die in dit onderzoek uitgevoerd is, bestaat uit twee onderdelen: 1) analyse van wanneer verwacht kan worden dat 'omslagpunten' bereikt worden in de leefbaarheid van elk gebied; 2) Indicatie van economische effecten van bodemdaling op relevante factoren. Daarnaast is verkennend gekeken naar mogelijke technische oplossingsrichtingen en welke invloed deze kunnen hebben op het reduceren van (de impact van) bodemdaling. Ook is een overzicht gemaakt van Nederlandse bodemdalingsnetwerken en een aantal relevante beleidsplannen en visies die van belang kunnen zijn voor de aanpak van bodemdaling in Amsterdam.

De gepresenteerde resultaten in deze quick scan laten een gedifferentieerd beeld zien tussen de vijf onderzoeksgebieden. De verschillende bodemdaling-gerelateerde problematiek van de vijf gebieden wordt weerspiegeld in de economische schade en omslagpunten voor leefbaarheid. In gebieden waar panden op palen gefundeerd zijn en waar het maaiveld sterk daalt (Transvaalbuurt en Krulslaplantsoen) wordt er veel schade verwacht aan huisaansluitingen en verminderde toegankelijkheid van panden. De eerste omslagpunten voor leefbaarheid wat betreft toegankelijkheid van panden en schade aan huisaansluitingen worden al vanaf 2030 bereikt. In Tuindorp Oostzaan Oost, waar panden op staal zijn gefundeerd, is de afnemende ontwateringsdiepte met vernatting van de woningen het dominante probleem. Echter, de geringe bodemdaling in Tuindorp Oostzaan Oost heeft slechts een klein effect op de verergering van dit probleem. In de Helmersbuurt speelt een verscheidenheid aan problemen. Het belangrijkste proces is schade aan funderingen vanwege het lage grondwaterpeil door de nabijheid van het Vondelpark. Achteruitgang van cultureel erfgoed (monumentale panden en bomen) in zowel de Helmersbuurt als het Vondelpark vraagt om urgente actie. Vanwege de relatief geringe bodemdaling, stabiele ontwateringsdiepte en op palen gefundeerde woningen worden in Terrasdorp de minst acute omslagpunten in leefbaarheid als gevolg van bodemdaling verwacht.

De gebieden met de grootste verwachte cumulatieve schade (in € in 2070) zijn de Helmersbuurt (~ €60 miljoen) en Tuindorp Oostzaan Oost (~ €50 miljoen). In de Helmersbuurt is dit met name toe te schrijven aan paalrot, maar het is belangrijk om te vermelden dat dit niet direct aan bodemdaling te koppelen is. Alleen als door bodemdaling in de toekomst het peil wordt geïndexeerd kan het risico op paalrot toenemen. In Tuindorp Oostzaan Oost is de verwachte (gezondheids-)schade voornamelijk toe te schrijven aan vochtoverlast in huizen. Daarnaast heeft Tuindorp Oostzaan Oost hoge schade door wateroverlast en een behoorlijke kostenpost door verschilzettingen van panden. Ook de Transvaalbuurt heeft last van hoge kosten, hoewel de schade in deze wijk meer divers van

aard is. Wanneer gekeken wordt naar totale schade per oppervlak (€ / ha in 2070) komt de Transvaalbuurt (€ 622.000/ha) samen met Tuindorp Oostzaan Oost (€ 935.000/ha) en de Helmersbuurt (€ 517.000/ha) als hoogste kostenpost uit de vergelijking.

Door de verschillen is er niet één aanpak die voor alle onderzochte gebieden en overige wijken in Amsterdam een pasklaar antwoord geeft op bodemdaling. Hiervoor is nader onderzoek nodig. Er wordt aanbevolen om nader onderzoek te doen naar de daling van het maaiveld, van de grondwaterstanden en van de panden. Ook wordt aanbevolen om een gedetailleerd en gevalideerd grondwater- en bodemdalingsmodel te bouwen van de gehele stad. Samen met een gedetailleerde beschrijving van de (geotechnische) eigenschappen en opbouw van de ondergrond kunnen meer gefundeerde uitspraken gedaan worden over veranderingen in de toekomst (bv. door klimaatverandering) en het effect op de verwachte schade.

Uit deze quick scan blijkt in ieder geval dat bodemdaling ook in delen van de gebouwde stedelijke omgeving van Amsterdam een serieus probleem is, naast de reeds geagendeerde problematiek in de parken en het veenweidegebied. Wat dit precies betekent voor de hele gemeente Amsterdam vergt echter een nadere analyse van zowel het probleem als van de mogelijke oplossingen en de verantwoordelijkheden van de verschillende partijen.

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>	
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1	Aanleiding	9
1.2	Bodemdaling in stedelijk gebied	9
1.3	Bodemdaling in Amsterdam	10
1.4	Doel van de studie	11
1.5	Ruimtelijke afbakening	11
1.6	Leeswijzer	12
<b>2</b>	<b>Methode impactanalyse</b>	<b>13</b>
2.1	Omslagpunten leefbaarheid	13
2.1.1	Definitie leefbaarheid	13
2.1.2	Impact bodemdaling op leefbaarheid	13
2.1.3	Aannames omslagpunten in leefbaarheid	14
2.2	Economische effecten bodemdaling	17
2.2.1	Analyse ontwikkeling bodemdaling en ontwateringsdiepte	17
2.2.2	Schadeposten bodemdaling	18
2.3	Berekening schadeposten economische analyse	20
2.3.1	Schade aan gebouwen: paalrot en verschildzetting panden op staal	20
2.3.2	Schade door reliëfverschillen: verminderde toegankelijkheid en schade aan huisaansluitingen	21
2.3.3	Schade aan openbare ruimte en infrastructuur	23
2.3.4	Schade aan openbaar groen	24
2.3.5	Schade door vochtoverlast in panden	26
2.3.6	Hoger risico op wateroverlast op straat	27
<b>3</b>	<b>Context en probleembeschrijving pilotgebieden</b>	<b>28</b>
3.1	Korte beschrijving pilotgebieden	28
3.1.1	Pilotgebied 1: Tuindorp Oostzaan Oost	28
3.1.2	Pilotgebied 2: Terrasdorp	29
3.1.3	Pilotgebied 3: Transvaalbuurt	30
3.1.4	Pilotgebied 4: Helmersbuurt en Vondelpark	31
3.1.5	Pilotgebied 5: Krulslaplantsoen - Nieuw Kralenbeek	33
3.2	Overzicht fysiek en socio-economisch systeem	34
<b>4</b>	<b>Omslagpunten leefbaarheid</b>	<b>36</b>
4.1	Pilotgebied 1: Tuindorp Oostzaan Oost	36
4.1.1	Woonsituatie	36
4.1.2	Fysieke leefomgeving	36
4.1.3	Sociale kwaliteit	36
4.1.4	Cultureel erfgoed	37
4.2	Pilotgebied 2: Terrasdorp	37

4.2.1	Woonsituatie	37
4.2.2	Fysieke leefomgeving	38
4.2.3	Sociale kwaliteit	38
4.2.4	Cultureel erfgoed	38
4.3	Pilotgebied 3: Transvaalbuurt	38
4.3.1	Woonsituatie	38
4.3.2	Fysieke leefomgeving	39
4.3.3	Sociale kwaliteit	39
4.3.4	Cultureel erfgoed	39
4.4	Pilotgebied 4: Helmersbuurt en Vondelpark	40
4.4.1	Woonsituatie	40
4.4.2	Fysieke leefomgeving	40
4.4.3	Sociale kwaliteit	41
4.4.4	Cultureel erfgoed	41
4.5	Pilotgebied 5: Krulslaplantsoen – Nieuw Kralenbeek	41
4.5.1	Woonsituatie	41
4.5.2	Fysieke leefomgeving	42
4.5.3	Sociale kwaliteit	42
4.5.4	Cultureel erfgoed	42
4.6	Conclusie	43
<b>5</b>	<b>Economische impact bodemdaling</b>	<b>45</b>
5.1	Pilotgebied 1: Tuindorp Oostzaan Oost	45
5.1.1	Schade aan gebouwen	45
5.1.2	Schade door reliëfverschillen	46
5.1.3	Schade aan openbare ruimte en infrastructuur	46
5.1.4	Schade aan openbaar groen	47
5.1.5	Schade door vochtoverlast in panden	47
5.1.6	Hoger risico op wateroverlast op straat	48
5.2	Pilotgebied 2: Terrasdorp	48
5.2.1	Schade aan gebouwen	48
5.2.2	Schade door reliëfverschillen	49
5.2.3	Schade aan openbare ruimte en infrastructuur	50
5.2.4	Schade aan openbaar groen	50
5.2.5	Schade door vochtoverlast in panden	51
5.2.6	Hoger risico op wateroverlast op straat	51
5.3	Pilotgebied 3: Transvaalbuurt	52
5.3.1	Schade aan gebouwen	52
5.3.2	Schade door reliëfverschillen	53
5.3.3	Schade aan openbare ruimte en infrastructuur	53
5.3.4	Schade aan openbaar groen	54
5.3.5	Schade door vochtoverlast in panden	54
5.3.6	Hoger risico op wateroverlast op straat	55
5.4	Pilotgebied 4: Helmersbuurt en Vondelpark	55
5.4.1	Schade aan gebouwen	55
5.4.2	Schade door reliëfverschillen	56
5.4.3	Schade aan openbare ruimte en infrastructuur	57
5.4.4	Schade aan openbaar groen	57
5.4.5	Schade door vochtoverlast in panden	58
5.4.6	Hoger risico op wateroverlast op straat	58



5.5	Pilotgebied 5: Krulslaplantsoen – Nieuw Kralenbeek	59
5.5.1	Schade aan gebouwen	59
5.5.2	Schade door reliëfverschillen	59
5.5.3	Schade aan openbare ruimte en infrastructuur	60
5.5.4	Schade aan openbaar groen	61
5.5.5	Schade door vochtoverlast in panden	61
5.5.6	Hoger risico op wateroverlast op straat	62
5.6	Overzicht schadeberekeningen en conclusies	62
<b>6</b>	<b>Verkenning organisatie aanpak en technische oplossingen</b>	<b>65</b>
6.1	Organisatie aanpak bodemdaling	65
6.1.1	Bestaande netwerken	65
6.1.2	Relevante beleidsplannen en visies gemeente Amsterdam	66
6.2	Inventarisatie technische oplossingen	67
6.2.1	Tuindorp Oostzaan Oost	67
6.2.2	Terrasdorp	68
6.2.3	Transvaalbuurt	68
6.2.4	Helmersbuurt	70
6.2.5	Krulslaplantsoen	71
<b>7</b>	<b>Discussie, conclusies en aanbevelingen</b>	<b>73</b>
7.1	Discussie	73
7.2	Conclusies	73
7.3	Aanbevelingen voor vervolg	75
7.3.1	Maaiveldddaling en grondwatermodellering beter in beeld	75
7.3.2	Opschaling en verdere uitwerking resultaten	75
<b>8</b>	<b>Referenties</b>	<b>76</b>
<b>A</b>	<b>Bijlage: Inundatiekaarten</b>	<b>77</b>
<b>B</b>	<b>Bijlage: Bodemdalingskaarten</b>	<b>80</b>
<b>C</b>	<b>Bijlage: GHG ontwateringsdiepte per pilotgebied</b>	<b>83</b>
<b>D</b>	<b>Bijlage: Inventarisatie mogelijke technische oplossingen per buurt</b>	<b>85</b>



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In Nederland is bodemdaling een bekend probleem ook in de stad, vooral op locaties in het westen van het land op slappe grond. De bodem daalt voortdurend, op veel plaatsen zelfs sneller dan de zeespiegel stijgt. Bewoners, ondernemers en overheden hebben daardoor te maken met het verzakken van woningen, bedrijfspanden en bodem-gerelateerde assets zoals wegen, rioleringen, kabels, leidingen en groenvoorzieningen zoals tuinen en parken. Bodemdaling kan daarmee op lange termijn significante impact hebben op de kwaliteit van de leefomgeving en op de kosten van beheer en onderhoud van publieke en private assets als infrastructuur en gebouwen.

Hoewel bodemdaling geen nieuw fenomeen is – we begonnen in het lage deel van Nederland ooit boven zeeniveau en liggen inmiddels flink wat meters onder zeeniveau – is in Nederland de aandacht voor en het begrip van onderliggende processen en gevolgen pas in de afgelopen jaren toegenomen. Dat maakt het nu mogelijk om in stadsontwikkeling en beheer van riool, openbare ruimte en waterbeheer rekening te houden met (de gevolgen van) bodemdaling. Maar hoe doe je dat op een goede manier; wat is je minimale kwaliteitseis, wanneer moet je handelen en hoeveel mag het kosten? Het antwoord op deze vragen kan zeker in een stedelijke omgeving sterk ruimtelijk verschillen, afhankelijk van bijvoorbeeld de zettingssnelheid, de functie van de omgeving, het type gebouwen en funderingen in een gebied en de opbouw van de ondergrond en de (grond)waterstand.

## 1.2 Bodemdaling in stedelijk gebied

In het landelijk gebied hangt bodemdaling, naast de opbouw van de ondergrond, sterk samen met waterbeheer. In het stedelijk gebied speelt naast waterbeheer de belasting een grote rol. De belasting van de bodem en de ongelijkmatige zetting die dit veroorzaakt laat aanzienlijke effecten zien in de openbare en private ruimte, bij de publieke en private bebouwing en op de aanwezige infrastructuur. Over de economische gevolgen van bodemdaling in stedelijke gebieden is de laatste jaren steeds meer bekend geworden. Voor overheden is het beheer en onderhoud van boven- en ondergrondse infrastructuur een grote kostenpost. Bij bovengrondse infrastructuur gaat het bijvoorbeeld om wegen die regelmatig opgehoogd moeten worden. Ondergrondse infrastructuur zoals kabels en leidingen kunnen breken of riolen kunnen lek raken door ongelijke zakking. In gebieden die te maken hebben met bodemdaling zijn de kosten van beheer en onderhoud aan infrastructuur en andere fysieke assets (zoals gebouwen en monumentale bomen) dan ook significant hoger. Deze kosten zijn in eerdere studies in beeld gebracht, zoals in PBL (2016) en Sweco, Deltares (2018).

Bodemdaling veroorzaakt ook schade aan gebouwen. Panden die op staal gefundeerd zijn (een ondiepe fundering zonder palen) zakken met de bodem mee. Als dit ongelijkmatig gebeurt ontstaat er scheefstand en scheurvorming. Ook kan er door verzakking water- en grondwateroverlast ontstaan in en rond een pand. Bij panden met een houten fundering kan er schade optreden, wanneer het funderingshout droog komt te staan (paalrot). Verder kan er schade aan groen ontstaan doordat bomen hun stabiliteit verliezen. Parken kunnen wegzakken waardoor (grond)wateroverlast ontstaat en groen wordt aangetast. Tot slot heeft bodemdaling effect op lokale hoogteverschillen. Door de dalende bodem wordt de openbare ruimte namelijk regelmatig opgehoogd. Huiseigenaren hogen niet altijd de achtertuin op. Daardoor kan er in de achtertuin, en ook in de woning, wateroverlast ontstaan. Ook de toegankelijkheid van de openbare ruimte heeft last van bodemdaling, bijvoorbeeld door het verzakken van wegen en delen van de stoep. Al deze gevolgen vragen om extra en eerder

onderhoud, beheer en vervanging van objecten zoals gebouwen, rioleringen, wegen en groen.

Met de stedelijke verdichting 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. Gelukkig is er de laatste jaren veel vooruitgang geboekt in de aanpak van bodemdaling en het ontwikkelen van handelingsperspectieven. Een voorbeeld is het “Kaderplan Bodemdaling Binnenstad” (Gemeente Gouda en Hoogheemraadschap Rijnland, 2020) waarin de gemeente Gouda en Hoogheemraadschap Rijnland samen met de andere partijen in de Coalitie Stevige Stad gewerkt hebben aan de aanpak van urgente wateroverlast en andere bodemdaling gerelateerde problemen. Ook heeft Amsterdam, net zoals andere steden (o.a. Rotterdam, Zaanstad en Schiedam) een funderingsloket waar particulieren geholpen worden in het oplossen van funderingsproblemen.

### 1.3 Bodemdaling in Amsterdam

De geschiedenis van het eigenlijke Amsterdam begint rond het jaar 1000. Toen werden de eerste stukjes van dit moerassige gebied ontgonnen. Toen het veen als gevolg van ontwatering begon in te klinken moesten dijken worden aangelegd om het inmiddels lagergelegen land tegen het water te beschermen. Op de dijk langs de westoever (nu de Nieuwendijk) verzezen rond 1225 de uit archeologisch onderzoek oudste bekende (houten) huizen van Amsterdam die niet aan agrarische doeleinden waren gerelateerd. Wat later raakte ook de dijk aan de oostkant bewoond (nu Warmoesstraat). Tussen beide oevers werd, rond 1250, een dam met sluizen gebouwd (de huidige Dam). De monding van de Amstel, het huidige Damrak, werd zo de eerste zeehaven van de kleine nederzetting. Het Rokin, aan de landzijde van de Dam, werd een binnenhaven. Dit werd de basis van een handelsnederzetting die uiteindelijk tot de handelsstad Amsterdam zou uitgroeien (Wikipedia, 2021). Door de latere uitbreidingen met ligging op slappe veenbodem, heeft Amsterdam net als andere historische steden in de Randstad, te maken met een dalende bodem en ondervindt men hier in meer of mindere mate effect van. Wel is in een vroeg stadium begonnen met ophogen voordat men ging bouwen. Aanvankelijk werd opgehoogd met het materiaal dat voorhanden was (dus ook puin en baggerslib) en alleen onder de bebouwing, later is integraal opgehoogd met zand. De meeste bodemdaling in Amsterdam is het gevolg van dit ophoogbeleid. Daarnaast is sprake van een autonome daling van West Nederland. Dit is een geologisch proces waarbij de bodem niet inklinkt maar het gebied integraal daalt, inclusief funderingspalen.

De impact van bodemdaling op de stedelijke omgeving, en de oplossingen ervan, zijn veelal sector overstijgend. Op dit moment ervaart men in verschillende delen van Amsterdam bodemdaling en wordt er door verschillende afdelingen en stadsdelen aan gewerkt. De aanpak van de gemeente richt zich met name op groen in parken en om de stad (veenweidegebied). Voor het veenweidegebied is er door het waterschap reeds beleid ontwikkeld. Een gecoördineerde en integrale aanpak gericht op de gebouwde omgeving ontbreekt echter; er is onvoldoende zicht op de aard van de problematiek en de verwachte ontwikkelingen in toekomst. Om inzicht te krijgen in de omvang wordt er momenteel door de gemeente en Waternet geïnventariseerd welke data nodig is om tot een zettingskaart te komen.

## 1.4 Doel van de studie

De gemeente Amsterdam heeft de wens om inzicht te krijgen in 'omslagpunten in leefbaarheid' gerelateerd aan bodemdaling. Daarbij is een omslagpunt gedefinieerd als een moment in de tijd waarop het noodzakelijk wordt om in te grijpen. Daarnaast heeft Amsterdam de wens om beter begrip te krijgen van de problematiek van bodemdaling in Amsterdam en de meerwaarde van investeringen of beleid. Op basis van dit inzicht kunnen in de betreffende stadsdelen problemen op termijn wellicht meer systematisch aangepakt worden.

Het doel van het omslagpuntenonderzoek bodemdaling is als volgt:

*Beter begrip krijgen van de problematiek van bodemdaling in Amsterdam en de meerwaarde van investeringen of beleid om in betreffende stadsdelen op termijn problemen aan te pakken.*

Om hier zicht op te krijgen staan de volgende onderdelen centraal:

- **Probleemanalyse:** Waar en hoeveel bodemdaling is er binnen het stedelijk gebied van Gemeente Amsterdam? Welke impact (maatschappelijke kosten) kan op een termijn van 50 jaar verwacht worden bij voortzetting van de huidige werkwijze, bijvoorbeeld ten aanzien van onderhoud openbare ruimte (boomgroei), wateroverlast/-onderlast, kwaliteit funderingen panden, bodem- en ondergrond infrastructuur?
- **Omslagpunten:** Wanneer slaan gevolgen van bodemdaling om van hinder naar overlast (onacceptabel risico/ kwaliteitsniveau), met een significante daling van de leefbaarheid van wijken en is actie nodig?
- **Quick scan kosten:** in 5 geselecteerde wijken wordt op een verkennende manier de impact van bodemdaling onderzocht:
  - o Hoe bodemdaling de leefbaarheid in de komende decennia zal beïnvloeden, welke omslagpunten te identificeren zijn (bijvoorbeeld t.a.v. watersysteem, funderingen, openbare ruimte/ groenbeheer) en welke oplossingsrichtingen aantrekkelijk zouden kunnen zijn.
  - o Voor elke wijk wordt met een quick scan economische analyse een ordegrootte van de economische gevolgen in kaart gebracht.

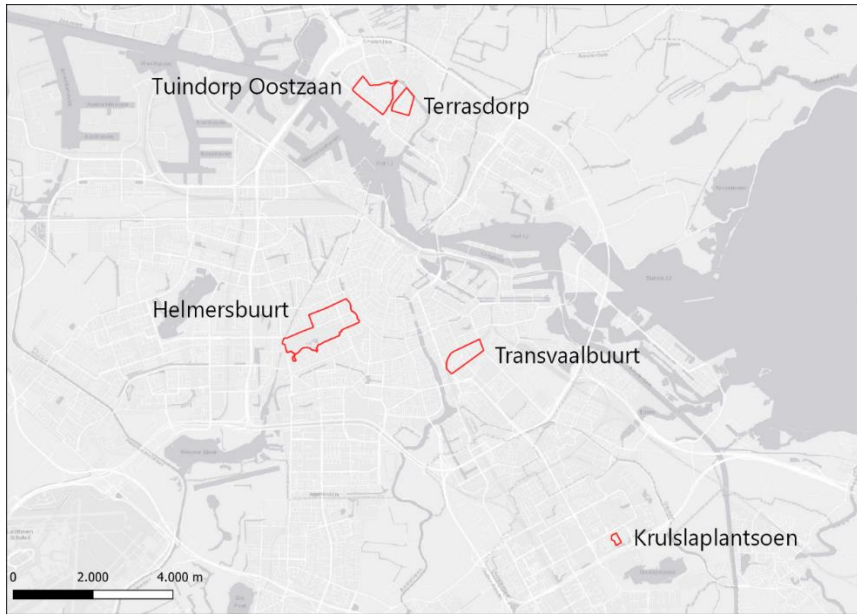
Daarnaast is verkennend gekeken naar mogelijke technische oplossingsrichtingen en welke invloed deze kunnen hebben op het reduceren van (de impact van) bodemdaling. Ook is op basis van ervaringen bij andere gemeenten en programma's een overzicht gemaakt van bodemdalingsnetwerken en programma's die van belang kunnen zijn voor Amsterdam. Gelijktijdig heeft de Gemeente Amsterdam intern een onderzoek uit laten voeren naar hoe de aanpak van binnenstedelijke bodemdaling het beste georganiseerd kan worden en wat de voor- en nadelen zijn van verschillende opties. De uitkomsten hiervan worden niet meegenomen in deze rapportage, omdat dit onderzoek nog niet afgerond is. Dit onderzoek is tot stand gekomen in nauwe samenwerking met vertegenwoordigers vanuit de gemeente Amsterdam en Waternet.

## 1.5 Ruimtelijke afbakening

De quick scan kosten is gericht op vijf pilotgebieden in de gemeente Amsterdam:

- Tuindorp Oostzaan Oost
- Terrasdorp
- Helmersbuurt + Vondelpark
- Transvaalbuurt
- Krulslaplantsoen

Deze gebieden zijn in overleg met de gemeente Amsterdam en Waternet geselecteerd omdat ze een verscheidenheid aan problemen laten zien die mogelijk samenhangen met bodemdaling, en bebouwing en infrastructuur ook uit verschillende periodes stammen. In Figuur 1 wordt een overzicht gegeven van de pilotgebieden.



Figuur 1: Overzicht van de vijf pilotgebieden in Amsterdam.

## 1.6 Leeswijzer

In deze studie wordt voor bovenstaande 5 pilotgebieden uitgewerkt wat de verwachte impact van bodemdaling is. In hoofdstuk 2 wordt de gebruikte methode voor elke stap toegelicht. De pilotgebieden worden beschreven in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 volgt de analyse van de pilotgebieden wat betreft omslagpunten in leefbaarheid. Vervolgens worden in hoofdstuk 5 de economische effecten per pilotgebied besproken. In hoofdstuk 6 komen de verkenningen naar de organisatie aanpak en technische oplossingen aanbod. De rapportage sluit af met discussie, conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 7.

## 2 Methode impactanalyse

De impactanalyse die in dit onderzoek uitgevoerd wordt, bestaat uit twee onderdelen:

- Omslagpunten leefbaarheid; analyse van wanneer verwacht kan worden dat 'omslagpunten' bereikt worden in de leefbaarheid van elk gebied. (paragraaf 2.1)
- Economische effecten bodemdaling; indicatie van de economische gevolgen uitgedrukt in Euro's (paragraaf 2.2 en 2.3)

### 2.1 Omslagpunten leefbaarheid

#### 2.1.1 Definitie leefbaarheid

Leefbaarheid is een breed begrip en er bestaan geen eenduidige definities van. In leefbaarheidsonderzoeken worden verschillende factoren gehanteerd. Vaak gaat het daarbij in elk geval om de volgende onderwerpen waarop de tevredenheid van inwoners wordt getoetst: woonsituatie, voorzieningenniveau, fysieke kwaliteit openbare ruimte/woonomgeving, sociale kwaliteit woonomgeving, veiligheid, perceptie buurt en stad en kwaliteit van dienstverlening (Tulner 2000). Landelijk wordt dit getoetst in de 'leefbaarometer' (Ministerie van BZK, 2022). Daarnaast kunnen gemeenten er zelf voor kiezen meer lokale onderzoeken naar de leefbaarheid uit te voeren. Dat gebeurt vaak periodiek, om ontwikkelingen in de tijd zichtbaar te maken.

Het onderzoek 'Wonen in Amsterdam' brengt sinds 1995 elke 2 jaar het wonen in de stad in beeld. In het onderzoek wordt een beeld geschetst van de inkomensontwikkeling, de ontwikkeling van de woningvoorraad, de tevredenheid met de woning en woonomgeving en de woon- en verhuiscriteria van Amsterdammers. In het voorjaar van 2019 werd dit onderzoek voor de dertiende keer gehouden (Gemeente Amsterdam, Januari 2020).

#### 2.1.2 Impact bodemdaling op leefbaarheid

Bodemdaling en daaraan verbonden problemen kan op termijn de leefbaarheid in een wijk aantasten op de volgende aspecten: woonsituatie, fysieke kwaliteit woonomgeving, sociale kwaliteit woonomgeving en verlies cultureel erfgoed.

##### Woonsituatie

De tevredenheid met de woonsituatie hangt af van de kwaliteit van de woning, naaste burens (bijv. in relatie tot geluidsoverlast), grootte en indeling van de woning en woonlasten. Bodemdaling kan leiden tot schade aan panden met een fundering op staal maar ook aan panden met een houten paalfundering, door negatieve kleeft. Ook kan – als het oppervlaktewaterpeil niet wordt geïndexeerd<sup>1</sup> (bijvoorbeeld om versnelling van bodemdaling te voorkomen) de steeds geringere ontwateringsdiepte<sup>2</sup> leiden tot water- en vochtoverlast in tuinen en huizen. En vochtoverlast in huizen leidt tot aanzienlijke schade aan de gezondheid van de bewoners. Als het grondwaterpeil wel wordt verlaagd, volgend op de bodemdaling kan dit leiden tot schade (door droogstand) aan houten paalfunderingen en kan dit het bodemdalingsproces versnellen. Los van alle praktische en financiële gevolgen van deze problemen kunnen deze situaties daarnaast ook leiden tot een lager woongenot vanwege de enorme stress door de problematiek of overlast door hogere bouwdynamiek in de wijk.

---

<sup>1</sup> Indexeren van het waterpeil betekent dat het waterpeil met enige regelmaat wordt aangepast (verlaagd) aan de bodemdaling

<sup>2</sup> De afstand tussen maaiveld en grondwater; een gedetailleerde definitie volgt later in het rapport.

Een andere invloed op de woonsituatie is schade aan tuinen. Vooral wanneer er verschil in handelingsperspectief is tussen de buren kan dit leiden tot een verlaagd woongenot. Indien een bewoner besluit om de tuin op te hogen, wordt de wateroverlast afgewenteld op bewoners die hun tuin niet (kunnen) verhogen. Veel achtertuinen in de stad worden ook niet opgehoogd omdat er geen (eenvoudige/betaalbare) mogelijkheid is om periodiek grond aan te voeren. Deze achtertuinen hebben vaak ernstige wateroverlast, waardoor hun normale functies afnemen of verloren zijn gegaan.

### **Fysieke kwaliteit woonomgeving**

Dit hangt af van elementen zoals de veiligheid van oversteekplaatsen, fietspaden, voldoende verlichting, de kwaliteit van en staat van onderhoud van woningen, straten, groen en speelvoorzieningen. Bodemdaling kan de fysieke kwaliteit van de woonomgeving beïnvloeden doordat ofwel de zakking leidt tot een lager kwaliteitsniveau in openbare ruimte (bijv. kapot wegdek, meer losse stoeptegels door hogere worteldruk, lagere toegankelijkheid door hoogteverschillen), ofwel een hogere onderhoudsfrequentie met overlast van dien. Daarnaast leidt de geringere ontwateringsdiepte tot een toename in wateroverlast (water op straat) en vernatting van openbaar groen – dan zijn bijvoorbeeld speelvoorzieningen en openbaar groen minder toegankelijk, en sterven wortels van bomen en planten af door de vernatting en komt windworp vaker voor.

### **Sociale kwaliteit woonomgeving**

Sociale cohesie gaat over hoe goed mensen elkaar in de buurt kennen en of ze op met een prettige manier met elkaar omgaan, en of er een gevoel van saamhorigheid is. Vinden mensen de buurt geschikt om in oud te worden, of kinderen te laten opgroeien? Bodemdaling kan hierop van invloed zijn op twee manieren: zonder ingrijpen gaat de kwaliteit van woningen en openbare ruimte achteruit. Dit kan bijdragen aan de 'verloedering' van een buurt over de tijd en voor een versterking in ongelijkheid in een buurt. Bijvoorbeeld wanneer er in een buurt een mix is van corporatiewoningen en koopwoningen. Sommige particuliere huiseigenaren kunnen misschien nog wel in staat zijn om zelf een oplossing voor problemen te regelen, maar dat is niet voor iedereen het geval; bijvoorbeeld bewoners van corporatiewoningen of minder draagkrachtige/zelf organiserende eigenaren. Als particuliere eigenaren overgaan op het ophogen van tuinen of herstellen van paalfunderingen, kan dit ook leiden tot afwenteling van problematiek op buren – extra vernatting van naburige tuinen, schade aan buurpanden met een gedeelde draagmuur en overlast.

### **Verlies cultureel erfgoed**

Hoewel vaak geen onderdeel van leefbaarheidsonderzoeken, is verlies van cultureel erfgoed wel één van de aandachtspunten bij bodemdaling. Oude panden kunnen door (grond-) wateroverlast of funderingsproblematiek beschadigd raken. Daarnaast leidt een steeds geringere ontwateringsdiepte of dalend maaiveld tot een kortere levensduur en instabiliteit van bomen. Het streven is vaak een zo lang mogelijke levensduur van bomen (bijvoorbeeld 100 jaar) omdat dit vaak de mooiste bomen zijn. Maar door vernatting en verzakking krijgen bestaande oude bomen het steeds moeilijker en daalt de gemiddelde levensverwachting van bomen.

## **2.1.3 Aannames omslagpunten in leefbaarheid**

Voor de vier categorieën die hierboven zijn beschreven kunnen omslagpunten worden gedefinieerd. Deze omslagpunten geven een indicatie van wanneer actie moet worden ondernomen door de gemeente, Waternet, corporaties of particulieren. Het uitgangspunt daarbij is dat er tot die tijd regulier onderhoud wordt gepleegd maar geen ingrepen worden gepleegd om de bodemdaling aan te pakken of de negatieve effecten ervan te corrigeren. De grenzen van de intervallen zijn bepaald in samenwerking met de gemeente Amsterdam tijdens een werksessie. De waarden zijn niet wetenschappelijk onderbouwd en geven dus



geen foutloze weergave van de impact van bodemdaling over de tijd. Het voornaamste doel is om een eerste inzicht te bieden in de huidige toestand en een indicatieve tijdshorizon te schetsen van benodigd ingrijpen. In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de gebruikte omslagpunten voor de diverse indicatoren.

Tabel 1: Omslagpunten leefbaarheid voor diverse indicatoren bij toenemende bodemdaling (tabel loopt door op volgende pagina)

	Indicator	Ontwikkeling bij bodemdaling	Omslagpunt	Indeling klassen	
Woonsituatie	1	Natte kruipruimtes door hoge grondwaterstand.	Door bodemdaling dalen op staal gefundeerde panden mee. Met gelijkblijvend peil leidt dit tot een kleinere ontwateringsdiepte.	Bij een ontwateringsdiepte kleiner dan 60 cm wordt het omslagpunt van leefbaarheid bereikt. Een kleine ontwateringsdiepte leidt tot hoge luchtvochtigheid en schimmelvorming, hierdoor kan gezondheidsschade optreden.	<i>Groen:</i> <10% panden hebben overlast <i>Oranje:</i> 10-50% panden hebben overlast <i>Rood:</i> >50% panden hebben overlast
	2	Schade aan panden op staal door verschilzetting.	Bodemdaling kan bij panden op staal leiden tot verschilzetting.	Schadeklassen D1 en D2 (zie paragraaf 2.3.1) leveren relatief geringe schade. D3 of hoger zien we als een omslagpunt.	<i>Groen:</i> <5% panden in schadeklasse D3 <i>Oranje:</i> 5-10 % panden in schadeklasse D3 <i>Rood:</i> >10% panden in schadeklasse D3
	3	Schade aan panden op houten palen door paalrot	Als gevolg van te lage grondwaterstanden kan paalrot optreden. De grondwaterstand kan o.a. verlaagd worden door een drainerend riool, dat lek is geworden tgv bodemdaling.	Schadeklassen D1 en D2 (zie paragraaf 2.3.1) leveren relatief geringe schade. D3 of hoger zien we als een omslagpunt.	<i>Groen:</i> <5% panden in schadeklasse D3 <i>Oranje:</i> 5-10 % panden in schadeklasse D3 <i>Rood:</i> >10% panden in schadeklasse D3
	4	Schade aan huisaansluitingen en aansluiting van niet onderheid riool op een onderheid (transport)riool	Als panden op palen gefundeerd zijn ontstaat bij maaiveld daling van de omgeving schade aan huisaansluitingen (kabels en leidingen).	Schade ontstaat bij een zettingsverschil van 10 cm.	<i>Groen:</i> <10% panden hebben overlast <i>Oranje:</i> 10-50% panden hebben overlast <i>Rood:</i> >50% panden hebben overlast
	5	Hemelwateroverlast vanaf de straat.	Door bodemdaling (en klimaatverandering) neemt de kans op wateroverlast toe. Door ongelijke zetting kan er plaatselijk meer water op straat komen te staan, en panden op staal die mee zakken kunnen extra schade ervaren.	Omslagpunt wordt kwalitatief bepaald met behulp van de Waterschadeschatter.	<i>Groen:</i> 0 - 1500 €/ha/jaar <i>Oranje:</i> 1500 - 5000 €/ha/jaar <i>Rood:</i> 5000+ €/ha/jaar
	6	Hoogteverschil tussen pand en tuin / straat.	Door maaiveld daling in de omgeving neemt het hoogteverschil tussen panden op palen en het maaiveld toe, zodat panden moeilijker toegankelijk worden.	Bij verschil van > 5cm is er een drempelhulp nodig, waardoor de toegankelijkheid wordt beperkt.	<i>Groen:</i> <10% van de panden hebben een drempelhulp nodig. <i>Oranje:</i> 10-50% van de panden hebben een drempelhulp nodig. <i>Rood:</i> >50% van de panden hebben een drempelhulp nodig.



		Indicator	Ontwikkeling bij bodemdaling	Omslagpunt	Indeling klassen
Fysieke leefomgeving	7	Beschikbaarheid en kwaliteit van openbaar groen.	Door maaiveldddaling neemt ontwateringsdiepte steeds verder af. Dit leidt tot vernatting, verminderde beschikbaarheid en schade aan openbaar groen (OG). In deze analyse wordt aangenomen dat vooral een verschil in ontwateringsdiepte schadelijk is voor vegetatie.	Het omslagpunt wordt bepaald door te berekenen welk verschil in ontwateringsdiepte impact heeft op het grootste gedeelte van het openbaar groen. Daarbij is de ondergrens 10 cm, waarbij geen schade wordt voorzien. Bij een verschil in ontwateringsdiepte van meer dan 15 cm wordt schade aan groen verwacht.	<i>Groen:</i> het grootste percentage van het openbaar groen heeft een verschil van ontwateringsdiepte van <10 cm. <i>Oranje:</i> het grootste percentage van het openbaar groen heeft een verschil van ontwateringsdiepte tussen 10 en 15 cm. <i>Rood:</i> het grootste percentage van het openbaar groen heeft een verschil van ontwateringsdiepte van >15 cm.
	8	Kwaliteit van (verharde) openbare ruimte.	Door maaiveldddaling neemt ontwateringsdiepte steeds verder af. Daardoor ontstaat zakkingschade aan infrastructuur en wordt de OR en/of panden minder toegankelijk.	Een maaiveldddaling tussen 10 en 20 cm geeft ongemak; een daling van meer dan 20 cm is een omslagpunt.	<i>Groen:</i> merendeel van OR heeft <10 cm daling <i>Oranje:</i> merendeel van OR heeft tussen 10 en 20 cm daling <i>Rood:</i> merendeel van OR heeft >20 cm daling
Sociale kwaliteit	9	Ongelijkheid in probleemoplossend vermogen in wijk – reductie van sociale cohesie.	Bodemdalingsproblematiek kan al bestaande invloeden op sociale cohesie (bijv. gentrificatie <sup>3</sup> ) verder versterken.	Verhouding privaat/ corporatiebezit	<i>Groen:</i> >50% corporatiebezit <i>Oranje:</i> <30-50% corporatiebezit <i>Rood:</i> <10-30% corporatiebezit
Cultureel erfgoed	10	Achteruitgang cultureel/ natuurlijk erfgoed	Door bodemdaling kan schade ontstaan aan gebouwen (monumenten, beschermd stadsgezicht) en openbaar groen (parken, oude bomen).	Kwalitatieve inschatting afhankelijk van aanwezigheid beschermde/ gewaardeerde elementen in buurt en bedreiging door bodemdaling.	<i>Groen:</i> weinig waardevolle elementen of geringe bedreiging aanwezige elementen. <i>Oranje:</i> matige bedreiging aanwezige elementen. <i>Rood:</i> sterke bedreiging aanwezige elementen.

Voor het bepalen van de economische effecten zijn de leefbaarheidsaspecten die vallen in de categorie “Woonsituatie” en “Fysieke leefomgeving” meegenomen. De overige aspecten zijn lastiger te kwantificeren en konden binnen de scope van dit onderzoek niet mee worden genomen in de economische effectberekeningen. Wel zullen deze inzichten in de analyse gebruikt worden om de economische effectberekeningen af te zetten tegen de sociale kwaliteit om inzicht te geven in de kwetsbaarheid door bodemdaling.

<sup>3</sup> Gentrificatie is een proces van opwaardering van een buurt of stadsdeel op sociaal, cultureel en economisch gebied, het aantrekken van kapitaalkrachtige nieuwe bewoners/gebruikers en de daarmee gepaard gaande verdriving van de lagere klassen uit het stadsdeel. De opwaardering gaat gepaard met een stijging van de prijzen voor onroerend goed en de huurprijzen (bron: Wikipedia, <https://nl.wikipedia.org/wiki/Gentrificatie>).

## 2.2 Economische effecten bodemdaling

### 2.2.1 Analyse ontwikkeling bodemdaling en ontwateringsdiepte

Aangezien het doel van deze rapportage is om de gevoeligheden van de stedelijke omgeving voor bodemdaling in kaart te brengen, vormt de analyse van de bodemdaling en ontwateringsdiepte een belangrijk element in de kwantificering.

#### Bodemdaling

Om bodemdaling ruimtelijk in beeld te brengen zijn er twee hoogwaardige producten beschikbaar: de Bodemdalingskaart 2.0 geleverd door SkyGeo en de Bodemdalingsvoorspellingskaart zoals weergegeven in de Klimaateffectatlas. De Bodemdalingskaart 2.0 van SkyGeo geeft een overzicht van miljoenen InSAR<sup>4</sup> meetpunten, op basis waarvan de lineaire bodemdalingssnelheid kan worden afgeleid. De Bodemdalingsvoorspellingskaart neemt toekomstige ontwikkelingen mee en biedt een voorspelling van de totale bodemdaling tot 2050 of 2100. Echter, de geschatte nauwkeurigheid van de voorspelling is laag en de kaart is voornamelijk bedoeld ter indicatie. Ook is de kaart in stedelijk gebied minder nauwkeurig. Hoewel deze studie gericht is op toekomstige bodemdaling, wordt er voor de analyse van de ontwikkeling van bodemdaling en ontwateringsdiepte gewerkt met de Bodemdalingskaart 2.0 van SkyGeo. Een aanname daarbij is dat de berekende maaiveld daling lineair wordt doorgezet tot 2070. Deze aanname is een sterke versimpeling van de werkelijkheid. Bodemdaling is namelijk sterk seizoenafhankelijk, en kan door klimaatverandering in toekomstige, drogere zomers nog sterker optreden. Daarnaast zijn in de dataset van SkyGeo meetpunten tot en met het einde van 2017 meegenomen. De droge zomers van 2018 en in mindere mate 2019 zijn niet in deze metingen meegenomen. De gemeten en gemiddelde bodemdaling kan dus een onderschatting zijn van de werkelijkheid.

De onderzoeksgebieden zijn opgedeeld in 5-10 sub gebieden waarvoor de bodemdaling is berekend. Bij de opdeling in sub gebieden is getracht om ruimtelijke verschillen in bodemdaling in kaart te brengen. Als er in de pilotgebieden sprake is van grote verschillen in maaiveld daling, zoals in het Krulslaplantsoen, worden de sub gebieden zodanig gekozen dat er ruimtelijke verschillen in bodemdaling naar voren komen. Een voorwaarde daarbij is dat er voldoende meetpunten aanwezig zijn om een nauwkeurige schatting te maken van de gemiddelde bodemdaling in een sub gebied. In bepaalde gevallen maakte het gebrek aan meetpunten het onmogelijk om een gedetailleerdere ruimtelijke uitsplitsing te maken. Deze methode is een compromis tussen het aggregeren van alle meetpunten binnen een onderzoeksgebied (niet ruimtelijk verdeeld maar wel betrouwbare schatting) en het rasteren van individuele meetpunten op kleine schaal (ruimtelijk verdeeld maar onbetrouwbare schatting vanwege ruis). In Bijlage B zijn de bodemdalingskaarten per pilotgebied te vinden.

#### Ontwateringsdiepte

Een strikte definitie van ontwateringsdiepte is lastig te geven. Binnen de gemeente Amsterdam wordt met ontwateringsdiepte de afstand bedoeld tussen het gemiddeld hoogste grondwater (GHG) en het maaiveld. In deze quick scan is er echter ook interesse in de afstand tussen maaiveld en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Daarom wordt in dit rapport gewerkt met de termen 'GHG ontwateringsdiepte' en 'GLG ontwateringsdiepte'.

---

<sup>4</sup> InSAR staat voor Interferometric Synthetic Aperture Radar. Satellieten nemen beelden op van het aardoppervlak en deze beelden worden gecombineerd om langzame vervormingspatronen op de grond te visualiseren. InSAR is een bewezen techniek om groundbewegingen in kaart te brengen met behulp van radarbeelden van satellieten. (bron: <https://skygeo.com/nl/insar-monitoring/>)

Het belangrijkste proces in deze quick scan is dat als gevolg van bodemdaling de ontwateringsdiepte kleiner wordt.

Afhankelijk van de analyse is er informatie nodig over de grondwateroverlast of grondwateronderlast. Problemen waarbij vernatting een rol speelt (optrekkend vocht in huizen, schade aan openbaar groen, etc.) hebben betrekking op de GLG ontwateringsdiepte. In het binnenkort in Amsterdam ter vaststelling voorliggende Omgevingsprogramma Riolerings (opvolger van het Gemeentelijk Rioleringsprogramma) wordt een ontwateringsdiepte van minimaal 0,9 m als wenselijk vastgelegd. Een ontwateringsdiepte van minder dan 0,5 m wordt als zeer onwenselijk gezien.

Bij fundering gerelateerde problemen is vooral de GLG ontwateringsdiepte interessant; dit geeft een indicatie voor de kans op grondwateronderlast. Als de GLG wordt verlaagd is er kans op paalrot en ongelijkmatige zettingen van panden en tuinen. Er is sprake van grondwateronderlast als de grondwaterstand regelmatig onder de bovenkant van de houten fundering komt.

Het dalende maaiveld kan aan de hand van SkyGeo data nauwkeurig in beeld worden gebracht, met uitzondering van groen/parken. Voor de grondwaterstanden is gebruik gemaakt van een combinatie van geïnterpoleerde peilbuisdata en, indien beschikbaar, modeluitvoer. Aangezien er alleen voor de Helmersbuurt een nauwkeurig grondwatermodel beschikbaar is, zijn de andere onderzoeksgebieden afhankelijk van peilbuisdata. Een aanname bij de berekening van de ontwateringsdiepte is dat de GLG en GHG tot 2070 op een constant peil t.o.v. NAP worden gehouden. In bijlage C zijn de 'GHG ontwateringsdieptekaarten' per pilotgebied opgenomen.

### 2.2.2 Schadeposten bodemdaling

In de analyse zijn voortbouwend op de MKBA bodemdaling Gouda (Kok S. , 2019) en het raamwerk voor economische impact van bodemdaling van (Kok & Costa, 2021) de volgende relevante economische effecten van bodemdaling geïdentificeerd in Amsterdam:

- Schade door negatieve kleef
- Schade door verschilzetting panden op staal
- Schade door vochtoverlast in huis
- Schade aan openbare ruimte en infrastructuur
- Schade aan openbaar groen
- Schade door wateroverlast
- Reliëfverschillen pand met openbare ruimte/ tuin
- Schade huisaansluiting (riool, kabels, leidingen, etc.)
- Schade door paalrot<sup>5</sup>

In Tabel 2 zijn bovenstaande schadeposten uitgewerkt. Hier is aangegeven wanneer een bepaalde post relevant is, hoe de schade geanalyseerd is, welke data gebruikt is en tot welk resultaat dit leidt. In paragraaf 2.3 is een verdere toelichting per schadepost te vinden, alsook een beschrijving van de gehanteerde berekeningsmethode.

---

<sup>5</sup> Bodemdaling heeft geen directe invloed op paalrot; alleen bedoelde of onbedoelde veranderingen in grondwaterstanden ten gevolge van bodemdaling kan het fenomeen van paalrot versterken.

Tabel 2 Schadeposten bodemdaling

Effect	Relevant wanneer:	Analyse	Gebruikte data	Resultaat
<b>Schade door paalrot<sup>6</sup></b>	Panden op houten palen staan; indien er een aanpassing in grondwaterstand optreedt	Schatting ontwikkeling schade per pand op basis van funderingsrisicomodul Deltares	- funderingstype per pand - funderingsdiepte hout - GLG kaart	Schade in € t/m 2070
<b>Schade door verschilzetting panden op staal</b>	Panden op staal mee zakken met de bodemdaling, zowel gelijkmatig als ongelijkmatig	Schatting ontwikkeling schade per pand op basis van funderingsrisicomodul Deltares	- Funderingstype per pand - bodemdalingskaart	schade in € t/m 2070
<b>Schade door vochtoverlast in huis</b>	Panden die op staal staan en de ontwateringsdiepte door maaiveld daling afneemt. Ook gezondheidsschade speelt bij schimmelvorming en een te hoge luchtvochtigheid in huis.	Indeling pand in risicoklasse op basis van vergelijking GHG en maaiveld (periodes van 10 jaar)	- GHG kaart - AHN hoogtekaart - bodemdalingskaart voor ontwikkeling ontwateringsdiepteskaart over tijd	schade in € t/m 2070
<b>Schade aan openbare ruimte en infrastructuur</b>	Bodemdaling optreedt: er is vaker ophoging, vervanging of onderhoud nodig	Aantal m2 infrastructuur in openbare ruimte indelen in zettingssnelheid klassen. Vermenigvuldigen met prijskental meerkosten B&O/jaar	- bodemdalingskaart - kental/m2 extra B&O	schade in € t/m 2070
<b>Schade aan openbaar groen</b>	De ontwateringsdiepte afneemt	Indeling OG in risicoklassen (op basis van GHG ontwateringsdiepte) vermenigvuldigd met de prijs van groenonderhoud.	- ontwateringsdiepte kaart over tijd - kental voor kosten groenonderhoud/vervanging. Dit is vooral relevant voor bomen, en minder voor gras en struiken.	schade in € t/m 2070
<b>Schade door wateroverlast</b>	Door bodemdaling de inundatiediepte toeneemt; door lagere ontwateringsdiepte de buffercapaciteit van de bodem daalt; door bodemdaling hemelwater/oppervlaktewater panden binnen kan stromen	Gebruik van de Waterschadeschatter om de schade bij een extreme regenbui te berekenen.	- inundatiekaart van Amsterdam Rainproof	schade in € / hectare / jaar
<b>Reliëfverschillen pand - OR</b>	Een pand op palen gefundeerd is en de openbare ruimte niet wordt opgehoogd; een pand op staal onder het uitgiftepeil/niveau van de openbare ruimte zakt	Aantal panden waar drempel/hellingbaan/afstapje nodig is * kosten aanleg	- omslagpunt hoogteverschil in cm drempel/hellingbaan nodig - kosten aanleg van drempel / hellingbaan	schade in € t/m 2070
<b>Schade huisaansluiting</b>	Panden op palen zijn gefundeerd	Aantal gefundeerde panden met maaiveldverschil van meer dan 10 cm vermenigvuldigd met prijs herstel huisaansluiting	- omslagpunt reliëfverschil schade huisaansluitingen - bodemdalingskaart	schade in € t/m 2070

<sup>6</sup> In dit onderzoek wordt er vanuit gegaan dat er geen peilaanpassingen plaatsvinden. Bodemdaling zou alleen een negatieve invloed op paalrot hebben als het peil naar beneden wordt aangepast om bodemdaling te compenseren. Ook een lekke riolering of extreem droge zomer kan leiden tot een de facto gewijzigd peil. Bij een constant peil zal bodemdaling geen negatieve invloed hebben op paalrot.

## 2.3 Berekening schadeposten economische analyse

### 2.3.1 Schade aan gebouwen: paalrot en verschilzetting panden op staal

Tot de jaren '70 is in Nederland op klei – en veengronden gebruik gemaakt van ondiepe funderingen ('op staal') en houten paalfunderingen. Op een ondergrond met weinig draagkracht zoals klei of veen zijn deze funderingen gevoelig voor beschadiging als gevolg van zetting en lage grondwaterstanden. Schade aan panden met een ondiepe fundering kan vooral ontstaan als het pand bij bodemdaling niet gelijkmatig maar ongelijkmatig daalt. Dit kan veroorzaakt worden door verschillen in bodemsamenstelling of grondwaterstand, en verschillen in belasting. Houten paalfunderingen kunnen beschadigen door zakkende grond die aan de palen hangt (*negatieve kleeft*), bacteriële aantasting en, als het funderingshout droog komt te staan, schimmelaantasting (*paalrot*). De redenering waarom – ondanks de aanname van een gelijkblijvend grondwaterpeil – in de economische analyse toch het risico op paalrot is meegenomen wordt hieronder verder toegelicht.

Door Deltares (Costa et al, 2020) is een model ontwikkeld waarmee de verwachte schade door paalrot en verschilzetting bij panden op staal kan worden ingeschat. Het betreft een grove indicatie: voor een betere lokale voorspelling is inzicht nodig in de huidige kwaliteit van funderingen en panden, en gerichte informatie over bijvoorbeeld grondwaterstanden.

#### Paalrot

Elk pand in het projectgebied wordt met behulp van lokale data van Gemeente Amsterdam over de meest waarschijnlijke fundering ingedeeld als 'houten paalfundering', fundering op staal' of 'fundering op beton'<sup>7</sup>. Daarnaast wordt op basis van gegevens over de ondergrond, de verwachte diepte van het bovenste funderingshout<sup>8</sup> en de gemiddelde laagste grondwaterstand een inschatting gemaakt van de gevoeligheid van een pand voor schade aan houten paalfundering. Op basis van de leeftijd wordt cumulatieve droogstand van bouwjaar tot het zichtjaar (2070) berekend, gekoppeld aan een verwacht schadeniveau en bijbehorende herstelkosten (Figuur 2). In principe leidt bodemdaling - mits er geen mitigerende maatregelen genomen worden zoals een verlaging van het grondwaterpeil - niet tot een hoger risico op paalrot. Daar bodemdaling leidt tot lagere grondwaterstanden door indexering (koppelen van het oppervlaktewaterpeil aan het dalende maaiveld) kunnen in de toekomst wel problemen ontstaan. In deze quick scan wordt aan genomen dat zo'n peilindexatie niet gaat plaatsvinden; de peilen worden tot 2070 gelijk gehouden. De resultaten over het risico op paalrot moeten dus meer gezien worden als een indicatie van de huidige stand van zaken: eventuele toekomstige maatregelen kunnen dit risico versterken of verlagen.

#### Vershilzetting panden op staal

Voor verschilzetting van panden op staal wordt als uitgangspunt de gemiddelde verwachte zetting/jaar in het gebied gebruikt. Hoewel bodemdaling als dit uniform gebeurt in principe niet tot schade aan een pand leidt, is dit in de praktijk zelden het geval, door kleine verschillen in de opbouw van ondergrond en grondwaterstand, of door verschillen in draagkracht binnen het pand zelf. Om hier rekening mee te houden wordt de 'uitgangsbodemdaling' omgerekend naar 'verschilzetting' met behulp van twee

<sup>7</sup> Deze gegevens zijn veelal afkomstig uit oude bouwtekeningen; niet van elk pand is zo'n tekening beschikbaar, dus vaak is per blok (vaak gebouwd in dezelfde periode) één bouwtekening beoordeeld. Voor Amsterdam-Zuidoost zijn geen funderingsgegevens, maar kan vanwege de (jonge) leeftijd van de panden worden aangenomen dat deze op betonnen paalfunderingen zijn gebouwd.

<sup>8</sup> Ook hier is gebruik gemaakt van meer lokale data van de gemeente Amsterdam over de diepteligging van het bovenste funderingshout. De data kent wel een grote onzekerheid: uit metingen is gebleken dat de werkelijk gemeten houthoogtes tot enkele decimeters kunnen afwijken van de theoretische houthoogte (zowel hoger als lager).

correctiefactoren: 1) correctiefactor blootstelling op basis van gebouwkarakteristieken en 2) correctiefactor bedreiging op basis van fysieke karakteristieken als type ondergrond, heterogeniteit van de ondergrond en dikte van de antropogene ophoog laag. Op basis van de gecorrigeerde zettingsnelheid per jaar wordt vervolgens een aanname gedaan over het bijbehorende verwachte schadeniveau, dat vervolgens weer in verwachte herstelkosten wordt omgezet.

Schade klasse	Schade	Herstelwerkzaamheden	Min herstelkosten/ pand €	Max herstelkosten/ pand €
D0/D1	Geen tot kleine scheuren in binnenmuur tot 1 mm breed.	Schilderwerk binnen	500	2.000
D2	Scheuren in binnen en buitenmuur tot 5 mm, licht klemmende deuren en ramen	Schilderwerk binnen, opvullen/ herstel scheuren (buiten), huur van steigers	500	5000
D3	Scheuren met 5-15 mm breedte, klemmende deuren en ramen, mogelijk schade aan leidingen.	Schilderwerk binnen, opvullen/ herstel scheuren (buiten), huur van steigers, herstel pleisterwerk	2.000	10.000
D4	Scheuren met 15-25 mm breedte; muren hangen of bollen; verlies draagkracht. Schade aan leidingen. Sterk klemmende deuren en ramen.	Schilderwerk binnen, opvullen/ herstel scheuren (buiten), huur van steigers, herstel pleisterwerk, herstel kozijnen, vloeren, mogelijk nieuwe muren	10.000	60.000
D5	Scheuren > 25 mm. Muren verliezen draagkracht, ramen breken, gevaar voor instabiliteit.	Schilderwerk binnen, opvullen/ herstel scheuren (buiten), huur van steigers, herstel pleisterwerk, herstel kozijnen, vloeren, muren, herstel fundering	30.000	120.000

Figuur 2 Schadeniveaus bij funderingsproblematiek en bijhorende (eenmalige) herstelkosten (bandbreedte; in € per pand)

### 2.3.2 Schade door reliëfverschillen: verminderde toegankelijkheid en schade aan huisaansluitingen

Als een pand op houten of betonnen palen gefundeerd is, zakt het in principe niet mee met de bodem; de omgeving, inclusief niet-gefundeerde ondergrondse infrastructuur zoals kabels en leidingen, zakken wel mee met de bodem (in de meeste gevallen zijn deze niet gefundeerd). Hoewel in sommige gevallen de straat weliswaar wordt opgehoogd om hetzelfde niveau als de drempels te behouden, is dat niet mogelijk voor ondergrondse infrastructuur; ook zijn niet alle huiseigenaren in staat de tuin op te hogen, zodat er verschil ontstaat tussen drempelhoogte en het tuin of straatniveau. Huisaansluitingen naar hoofdriool en drinkwaternet kunnen scheuren of breken bij te grote verschilzetting tussen hoofdriool en woning. Omdat panden met een fundering op staal wel mee zakken met de bodem speelt dit probleem niet bij deze panden.

#### Schade aan huisaansluitingen

Voor de analyse worden in elke wijk panden met een fundering op staal buiten de analyse gehouden. We gaan ervanuit dat eventuele schade aan huisaansluitingen slechts één keer in de analyseperiode optreedt en hersteld wordt (bij herstel kan bijvoorbeeld rekening worden gehouden met zetting in de toekomst door gebruik te maken van flexibele huisaansluitingen

(Kok 2018). Met behulp van de cumulatieve bodemdalingskaart 2070 wordt voor elk op palen gefundeerd pand bepaald hoeveel zettingsverschil er is opgetreden tussen het pand en de directe omgeving. Vervolgens wordt elk pand ingedeeld in een risicoklasse (Tabel 3): we gaan ervan uit dat bij een zettingsverschil van meer dan 10 cm éénmalig herstel van de huisaansluiting nodig is.

Tabel 3 indeling risicoklassen schade aan huisaansluitingen

Risicoklasse	Indeling	Consequentie
Laag	< 10 cm zettingsverschil met omgeving	Geen herstel nodig
Hoog	=>10 cm zettingsverschil met omgeving	Eénmalige vervanging/herstel huisaansluitingen in de periode 2020-2070 a €1500 per pand

De tarieven voor het aanleggen van een nieuwe huisaansluiting op het riool – en drinkwaternet bij Waternet<sup>9</sup> zijn €1200-1700 voor drinkwater en € 960 voor de riolering. Het herstel van bestaande aansluitingen is echter maatwerk, en het is redelijk aan te nemen dat dit minder kost dan het volledig nieuw aanleggen van een huisaansluiting. Daarom wordt aangenomen dat het herstellen van drinkwater en rioolaansluiting tezamen gemiddeld €1500 per pand kost.

#### Verminderde toegankelijkheid pand

Voor de analyse wordt aangenomen dat openbare ruimte en tuinen bij bodemdaling niet worden opgehoogd: bij bodemdaling betekent dit dat het verschil met de drempelhoogte van een pand over de tijd steeds groter wordt. Omdat drempelhoogtes niet bekend zijn, nemen we aan dat de drempelhoogte gelijk is aan het maaiveld in 2016 zoals berekend in AHN3<sup>10</sup>. We berekenen dus een *toename* van de drempelhoogte tot 2070.

Vervolgens delen we elk pand in een risicoklasse voor hoogteverschil tussen pand en omgeving, in tijdstappen van 10 jaar (ten behoeve van de analyse ‘omslagpunten leefbaarheid’): voor de economische analyse hanteren we als uitgangspunt de risicoklasse in het jaar 2070. Als consequentie nemen we aan dat bij de panden bepaalde investeringen nodig zullen zijn om het hoogteverschil te overbruggen: aanleg van een trap, een drempelhulp of zelfs een hellingbaan (deze laatste twee zijn nodig voor mensen met een beperking).

<sup>9</sup> <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/gmb-2020-340559.html>

<sup>10</sup> In veel gevallen is er in Amsterdam waarschijnlijk nu al een verschil tussen de drempel en het straatniveau en zijn er in het verleden al deels maatregelen genomen zoals inrichting van trapjes en drempelhulpen.



Tabel 4 Indeling risicoklasse verminderde toegankelijkheid pand

Risicoklasse	Toename drempelhoogte – maaiveld (2070) <sup>11</sup>	Consequentie
Laag	<5 cm	geen consequenties
Gemiddeld	> 5 cm en <25 cm	5% drempelhulp aanleggen, 95% trap. Kosten € 120.
Hoog	> 25 cm	5% aanleg hellingbaan of lift voor rolstoel (in elk geval in openbare gebouwen en een van woonhuizen), 95% trap. Kosten € 218.

### 2.3.3

#### Schade aan openbare ruimte en infrastructuur

##### Toelichting effect bodemdaling op infrastructuur

Er zijn veel soorten infrastructuur ('assets') in beheer van de gemeente die schade kunnen ondervinden door zetting:

- Civiele constructies; bruggen, inclusief viaducten, onderdoorgangen, brugduikers; oeverconstructies als kademuren, beschoeiingen en damwanden; sluzen
- Verhardingen: wegen (zwaar, gemiddeld of licht belast), fietspaden, erven/pleinen.
- Straatmeubilair en Speelvoorzieningen: o.a. bankjes, hekwerken, fietsenrekken, speeltoestellen, fontein, paaltjes.
- Openbare verlichting
- Verkeersinformatiesystemen: o.a. bewegwijzering, camera's, slagbomen

Daarnaast zijn er ook assets in beheer van Waternet (zoals de riolering en het drinkwaternet) en private partijen (netbeheerders).

De kosten van assetmanagement zijn in het algemeen afhankelijk van allerlei factoren:

- Het gekozen ambitieniveau voor de kwaliteit van infrastructuur
- Het areaal assets (hoeveel van elke soort is er)
- De kosten van regulier en groot onderhoud of vervanging
- De frequentie van onderhoud en vervanging
- De gebruiksintensiteit
- De complexiteit van uitvoering (afhankelijk van bereikbaarheid, transportkosten en parkeerkosten) - zo zijn werkzaamheden in het centrum een stuk complexer in de uitvoering dan in het ruim opgezette stadsdeel Zuidoost.

In veel gevallen leidt bodemdaling tot hogere uitgaven aan beheer en onderhoud van infrastructuur: door verzakking ontstaat fysieke schade die hersteld moet worden, of worden normen bijvoorbeeld t.a.v. de hoogteligging van wegen en openbare ruimte eerder overschreden, zodat de frequentie van onderhoud en vervanging stijgt. In Amsterdam worden straatstenen bijvoorbeeld soms wel twee keer zo vaak opnieuw bestraat (en opgehoogd) dan een soortgelijke weg op een stevige ondergrond. Dit leidt tot een toename in de gemiddelde jaarlijkse kosten.

Met uitzondering van assetcategorie verharding is het effect van bodemdaling geen expliciet onderdeel in interne (norm)kostenrapportages bij de Gemeente. Ter illustratie: Van de Ridder, Bosman, en Kok (2020) rekenen voor de gemeenten Zaanstad, Woerden en Almere

<sup>11</sup> Aannames voor klasse-indeling zijn afgeleid uit

<https://berkela.home.xs4all.nl/stijgpunten/stijgpunten%20hellingbanen> en <https://ongehinderd.nl/advies-over-toegankelijkheid-drempelhulpen/>

uit dat extra uitgaven aan beheer en onderhoud van openbare ruimte en riolering door een ligging op zettingsgevoelige bodem respectievelijk €44,8, €13,1 en €53,6 miljoen per jaar zijn.

Als de middelen voor benodigde extra activiteiten door bodemdaling (of om andere redenen) niet beschikbaar zijn, zakt het behaalde instandhoudingsniveau onder het ambitieniveau – dat is in de huidige Amsterdamse praktijk al vaak het geval. Zo is er in 2017-2019 voor veel assetcategorieën gekozen het ambitieniveau voor onderhoud van ‘Verzorgd’ naar ‘Sober’ bij te stellen (hoewel er een ambitie is in de toekomst weer naar niveau ‘Verzorgd’ op te schalen). Voor beide ambitieniveaus is in de interne normkostenrapportages een inschatting gemaakt van de jaarlijkse kosten aan beheer en onderhoud en vervanging. In de praktijk ligt de begroting daar voor alle infrastructuur-assets echter flink onder. Het lijkt dus redelijk aan te nemen dat in de praktijk niveau ‘Sober’ al niet altijd gehaald wordt.

### Berekening impact bodemdaling op levenscycluskosten infrastructuur

Van Woerden (2018) berekent de impact van zetting op de levenscycluskosten van bestrating / wegen. Tabel 5 toont de afgeleide resultaten per m<sup>2</sup>, gebruik makend van de zettingsklasse-indeling zoals gebruikt in de interne normkostenberekening van Gemeente Amsterdam. Om de meerkosten te kunnen berekenen delen we de openbare ruimte in elk pilotgebied in een risicoklasse op basis van de berekende maaiveldkaart tot 2070.

*Tabel 5 Meerkosten aan OR per zettingsgevoeligheidsklasse in contante waarde (o.b.v. discontovoet 2,5) in €/m<sup>2</sup>. \* Klasse-indeling zoals gebruikt in interne normkostenanalyse gemeente Amsterdam \*\* afgeleid van Sweco 2018, contante waarde extra levenscycluskosten 2020-2100. Uitgangspunt is ophoging met zand, en een straatbeeld met overwegend elementenverharding (i.p.v. asphalt).*

Risicoklasse	Cumulatieve zetting over 50 jaar *(2070)	Extra levenscycluskosten OR (contante waarde) in €/m <sup>2</sup> **
Laag	0-15 cm	-
Gemiddeld	15-40 cm	99
Hoog	>40 cm	151

Dergelijke analyses van meerkosten door zetting zijn helaas nog niet beschikbaar voor de andere assettypen. Daarom rekenen we in deze rapportage alleen de gevolgen van zetting van verharding in de openbare ruimte uit, in de wetenschap dat resultaten daarmee een onderschatting zijn van de werkelijke aan bodemdaling te wijten meerkosten voor infrastructuur. De Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT) is geraadpleegd voor ruimtelijke data van verhardingsvlakken in elk deelgebied.

#### 2.3.4 Schade aan openbaar groen

##### Toelichting impact bodemdaling op kwaliteit openbaar groen

Door bodemdaling komt het maaiveld en het grondwater dichterbij elkaar: de ‘ontwateringsdiepte’ neemt af. Hoewel sommige plantensoorten zich best goed met een geringe ontwateringsdiepte kunnen ontwikkelen – de boomwortels gaan dan de breedte in, in plaats van de diepte - is het juist zo’n vernatting die voor veel bomen slecht is<sup>12</sup>. Als zo’n vernatting tijdelijk is, hoeft dat niet direct een probleem te vormen: met name de waterstand in periode dat bomen weer actief worden (vaak in april) is relevant. Dan moeten wortels over voldoende zuurstof beschikken zodat ze niet afsterven (waarbij de kans op ‘windworp’ toeneemt), en de boom kwetsbaarder wordt voor schimmels en plagen (Stelwagen et al.

<sup>12</sup> Sommige soorten zijn hier gevoeliger voor dan andere: Met name douglas, Japanse lariks en beuk kunnen slecht tegen hoge grondwaterstand (Stelwagen et al. 2001).

2001). Bij bodemdaling is dat echter niet het geval: de stijging van het grondwater in verhouding tot het maaiveld is permanent.

Los van de invloed van vernatting op bestaand groen, hebben bomen natuurlijk wel een minimaal grondpakket (boven de grondwaterstand) nodig om te kunnen groeien: de streefwaarde voor bomen is 90 cm, maar dit wordt op veel plekken in Amsterdam al niet gehaald. Bij een te geringe ontwateringsdiepte wortelen bomen ondiep (in de breedte), waardoor de kans op het omwaaien toeneemt en bomen minder groot en oud (en daarmee minder waardevol) worden. De gewenste ontwateringsdiepte verschilt per soort – sommige soorten groeien beter dan andere bij een hoge grondwaterstand. Gras kan nog tot een ontwateringsdiepte van +- 20-30 cm redelijk groeien (Hoving, Holshof, and Hendriks 2020). Op termijn kan dit ook betekenen dat huidige soorten in het Amsterdamse bomenareaal met een hogere drooglegging moeten worden vervangen voor andere soorten, wat een andere beeldkwaliteit tot gevolg heeft.

### **Berekening effect bodemdaling op openbaar groen**

In de berekening worden alleen de gevolgen op openbaar groen meegenomen. Groen in tuinen is niet immuun voor schade, maar aangezien de gemeente Amsterdam geen invloed heeft op privaat grondgebied wordt dit buiten beschouwing gelaten. Daarnaast zijn er meer variabelen, zoals de keuze van huiseigenaren om überhaupt tot actie over te gaan.

We onderscheiden twee effecten van bodemdaling op openbaar groen: 1) schade door vernatting als gevolg van steeds geringere ontwateringsdiepte bij vorderende bodemdaling (uitgangspunt hierbij is dat het grondwaterpeil gefixeerd is) en 2) niet meer behalen van de minimale ontwateringsdiepte die bomen en ander groen nodig hebben om überhaupt te kunnen groeien. Deze laatste factor nemen we niet mee in de berekening van de economische impact. Om de impact op openbaar groen te bepalen wordt gerekend met het *verschil* in ontwateringsdiepte dat de vegetatie te verduren krijgt. Dit is een versimpeling van de werkelijkheid; complexe grondwaterdynamieken worden niet meegenomen.

Hoogvliet et al. (2012) hanteren een kengetal voor de kosten van vervanging groen in openbaar gebied nabij woningen als gevolg van grondwateroverlast, omgerekend naar prijspeil 2021 €3801 per woning in het gebied. Voor het doel van de berekening is het kengetal van Hoogvliet et al. (2012) omgerekend naar een prijs per vierkante meter. Daartoe is eerst bepaald wat de totale vervangingskosten zouden zijn voor alle openbare ruimte bij elkaar, waarna de prijs per vierkante meter is bepaald. Deze grove berekening komt uit op een bedrag van 78 euro/m<sup>2</sup>. In totaal zijn er vijf klassen onderscheiden waarin schade kan optreden (zie Tabel 3). Tot 5 cm verschil in ontwateringsdiepte wordt uitgegaan van geen schade. Bij een verschil van meer dan 25 cm wordt uitgegaan dat 70% van het oppervlak openbaar groen moet worden vervangen.

Om de economische impact van bodemdaling op openbaar groen en tuinen te berekenen zetten we de volgende stappen:

1. Ontwikkelen kaart met verschil in ontwateringsdiepte tussen 2020 en 2070 (zie ook 2.1.1)
2. Indeling van openbaar groen in risicoklassen (Tabel 3)
3. Berekenen éénmalige kosten tot 2070 in €.

Tabel 6 Risicoklassen verandering ontwaterdiepte voor OG en tuinen

Risicoklasse	Klasse-indeling <i>verschil in</i> ontwateringsdiepte 2020-2070	Consequentie
Zeer laag	< 5 cm	Geen consequentie
Laag	> 5 cm en < 10 cm	10% * m <sup>2</sup> OR groen vervangen, á €78/m <sup>2</sup>
Gemiddeld	> 10 cm en < 15 cm	25% * m <sup>2</sup> OR groen vervangen, á €78/m <sup>2</sup>
Hoog	> 15 cm en < 25 cm	50% * m <sup>2</sup> OR groen vervangen, á €78/m <sup>2</sup>
Zeer hoog	> 25 cm	70% * m <sup>2</sup> OR groen vervangen, á €78/m <sup>2</sup>

### 2.3.5 Schade door vochtoverlast in panden

#### Toelichting impact bodemdaling

Panden met een fundering op staal zakken mee met de bodem; als het grondwaterpeil niet wordt verlaagd, neemt de ontwateringsdiepte steeds verder af, met als gevolg dat het grondwater over de tijd steeds makkelijker kelders en kruipruimtes kan binnendringen. Hoewel in theorie panden op een paalfundering hier geen of minder last van zouden moeten hebben, zijn er toch voorbeelden bekend in de gemeente waar ook dit soort panden vochtoverlast vanuit het grondwater ondervinden. Vochtoverlast vanuit het grondwater kan zich uiten in schade aan (houten) vloerbalken en vloeren, vochtplekken op muren, afbladderend pleisterwerk, schimmelvorming en een te hoge luchtvochtigheid in huis: de laatste twee aspecten kunnen negatieve gevolgen voor de gezondheid hebben.

#### Berekening effect bodemdaling vochtoverlast in huizen

Voor de analyse gaan we ervanuit dat alleen panden met een fundering op staal (in toenemende mate) overlast ondervinden van grondwateroverlast als gevolg van bodemdaling. Ervan uitgaande dat het vloerpeil van deze panden gelijk is aan het maaiveld, kunnen de kaarten met ontwateringsdiepte over de tijd gebruiken voor de analyse. In navolging van de MKBA in Gouda (Kok 2019) hanteren we als indicator voor het ontstaan van overlast de afstand tussen het vloerpeil (aanneمة dat dit voor panden op staal gelijk is aan het maaiveld): als dit minder dan 60 cm van het vloerpeil is kan schade ontstaan (Segeren and Hengeveld 1984). Daarbij wordt aangenomen dat elk pand waar optrekkend vocht voorkomt jaarlijks extra gezondheidsrisico's heeft (gewaardeerd op gemiddeld €41: zie Kok (2019) voor meer achtergrond), en dat er daarnaast tussen 2020-2070 éénmalig geïnvesteerd wordt in het herstellen en/ of voorkomen van verdere schade, voor een bedrag ter waarde van € 15.000 per pand.

Tabel 7 Risicoklassen voor vochtoverlast in huizen

Risicoklasse	Ontwateringsdiepte onder panden op staal	Consequentie economische impact
Laag	>60 cm	Geen consequenties
Hoog	=< 60 cm	100% kans op overlast; €41 per huis/jaar gezondheidsschade + eenmalig herstel schade aan vloeren/ muren (€15.000)

### 2.3.6 Hoger risico op wateroverlast op straat

Bodemdaling kan in bepaalde gevallen leiden tot een hoger risico op schade door wateroverlast. Lokale depressies, verminderde infiltratiecapaciteit en gebroken drainage-infrastructuur kunnen een gebied aanzienlijk vatbaarder maken voor wateroverlast. Een uitgebreide wateroverlast-analyse valt buiten de scope van dit onderzoek, aangezien dit vraagt om een nauwkeurige modellering van het rioleringsstelsel en oppervlaktewater- en grondwatersysteem. Om toch uitspraak te doen over mogelijke schade wordt gebruik gemaakt van de *Waterschadeschatter.nl*. Met deze tool kan aan de hand van een inundatiekaart een inschatting worden gemaakt van de schade aan diverse landgebruiksfuncties.

Om een indicatie te kunnen geven van de schade door wateroverlast vanwege een extreme bui, is de inundatiekaart van Amsterdam Rainproof gebruikt waarin in een uur tijd 120 mm neerslag valt. Deze regenbui heeft een herhalingstijd van 1000 jaar, wat betekent dat statistisch gezien ieder gegeven jaar er een 0.1% kans bestaat dat deze bui optreedt.

De *Waterschadeschatter* resultaten worden gebruikt om een initiële inschatting te geven van de schadeniveaus van elk onderzoeksgebied. Aangezien we het effect van bodemdaling op de wateroverlast niet nauwkeurig kunnen berekenen, wordt de waarschijnlijke toekomstige ontwikkeling beschreven in een verhaallijn.

# 3 Context en probleembeschrijving pilotgebieden

## 3.1 Korte beschrijving pilotgebieden

Dit onderzoek is gericht op vijf pilotgebieden in de gemeente Amsterdam:

- Tuindorp Oostzaan Oost
- Terrasdorp
- Helmersbuurt + Vondelpark
- Transvaalbuurt
- Krulslaplantsoen

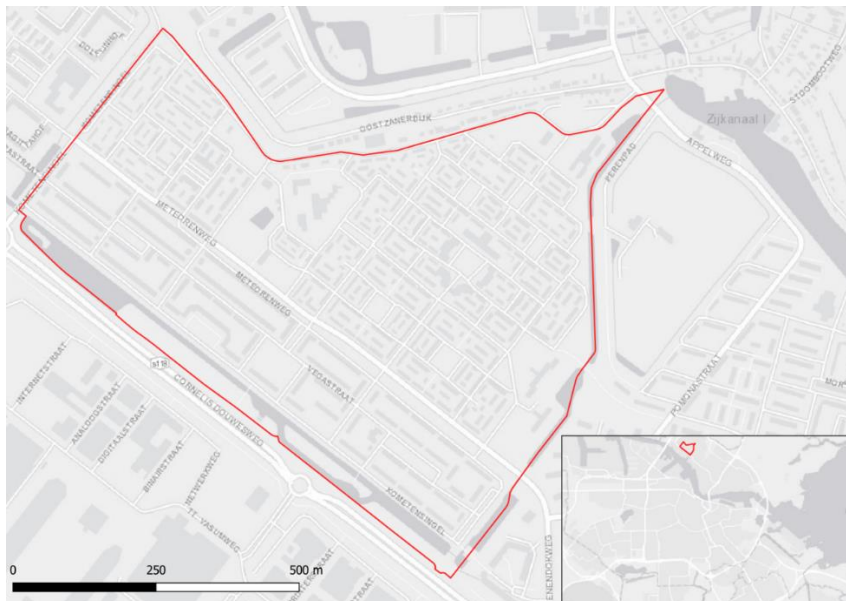
In paragraaf 3.2 is een volledig overzicht gegeven van de kenmerken per pilotgebied. In deze paragraaf wordt een korte beschrijving per pilotgebied gegeven.

### 3.1.1 Pilotgebied 1: Tuindorp Oostzaan Oost

Tuindorp Oostzaan Oost is een wijk in Amsterdam Noord. De wijk is gebouwd in de jaren '20 van de twintigste eeuw (ten noorden van de Meteorenweg) en jaren '30 van de vorige eeuw (ten zuiden van de Meteorenweg) om plaats te bieden aan arbeiders van de industrie en scheepsbouw aan het IJ, met de bedoeling dat de woningen niet langer dan 35 jaar zouden blijven staan. Inmiddels is het 100 jaar geleden dat de eerste bewoners hun huis in de wijk betrokken.



Figuur 3 Straatbeeld Tuindorp Oostzaan (bron: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Tuindorp\\_Oostzaan](https://nl.wikipedia.org/wiki/Tuindorp_Oostzaan))



Figuur 4 Ruimtelijke afbakening pilotgebied Tuindorp Oostzaan Oost



De buurt Tuindorp Oostzaan Oost ligt in polder Tuindorp Oostzaan. Het maaiveldniveau bedraagt ongeveer -2,45 m NAP ten noorden van de Meteorenweg en -2,30 m NAP ten zuiden van de Meteorenweg. De buurt heeft een eigen oppervlaktewatersysteem, welke op Het IJ wordt bemalen. Het streefpeil bedraagt -3,45 m NAP. In Tuindorp Oostzaan is het grootste deel van de huizen gefundeerd op staal (betonplaten gebouwd met een houtskeletconstructie). De wijk zakt en omdat huizen op staal zijn gefundeerd, zakken deze mee. De bodem daalt met ongeveer 1,2 mm/jaar. De openbare ruimte incl. groen is in het verleden vaak opgehoogd zodat het maaiveld hier hoger ligt dan de tuinen. Groenstroken, pleinen, etc. kunnen daarom vaak niet als waterberging benut worden en wateren in het ergste geval af richting huizen. Hoge grondwaterstanden en afwezigheid van een drainagestelsel leiden tot vochtoverlast in huizen, vernattingsschade van groen en schade door wateroverlast. Verder ontstaat er zettingsschade aan panden door zettingsverschillen.

### 3.1.2 Pilotgebied 2: Terrasdorp

De buurt Terrasdorp (ook wel *Tuttifruttdorp* genoemd) is onderdeel van de wijk Tuindorp Oostzaan in Amsterdam-Noord. In de jaren '50 is dit gebouwd op een plek die eerst als baggerstortplaats diende. Terrasdorp dankt zijn naam aan de hogere ligging ten opzichte van Tuindorp Oostzaan Oost.



Figuur 5 Duplexwoningen in Terrasdorp (bron: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Tuttifruttdorp>)



Figuur 6 Ruimtelijke afbakening pilotgebied Terrasdorp



De buurt Terrasdorp, met ongeveer 2.200 huishoudens, is onderdeel van de wijk Tuindorp Oostzaan en is in de jaren '50 is gebouwd op een plek die eerst als baggerstortplaats diende. Daardoor is de ondergrond en ook de ophoog laag zeer heterogeen, ook qua dikte. Dit leidt tot zettingsverschillen. Terrasdorp dankt zijn naam aan de hogere ligging ten opzichte van de rest van Tuindorp. De buurt is verhoogd met een zandlaag van ongeveer 1,5 tot 2 meter, en heeft op het moment een gemiddelde hoogte van +1,3 NAP. Terrasdorp kent een bodemdaling van minimaal 1,1 mm/jaar en maximaal 2,3 mm/jaar, afhankelijk van het gebied.

De wijk ervaart hemelwateroverlast en grondwateroverlast. De grondwaterstroming loopt richting het oosten, het verloop van het maaiveld volgend. De ontwateringsdiepte in het oosten is dan ook geringer. Ten oosten van de Pomonastraat stroomt het freatisch grondwater eventueel richting westen, naar het dieper liggende Tuindorp-Oostzaan, het verloop van het maaiveld volgend. Terrasdorp kent vooral panden op betonnen funderingspalen. Echter, in het noordelijke deel van Terrasdorp staan enkele op houten palen gefundeerde panden; deze kunnen kwetsbaar zijn voor grondwateronderlast. In het westen is er wellicht ook sprake van grondwateronderlast i.v.m. de daar aanwezige houten palen en de (vermoedde) westelijke grondwaterstroming naar Tuindorp Oostzaan Oost. Voor de rest van Terrasdorp zijn er weinig aanwijzingen voor droog vallende houten palen.

### 3.1.3 Pilotgebied 3: Transvaalbuurt

De Transvaalbuurt (of Afrikanerbuurt) is gebouwd als stadsuitbreiding in de jaren 1910-1920. Het stratenplan heeft kromme en rechte straten afgewisseld met pleinen en plantsoenen, deels in de stijl van de Amsterdamse School.



*Figuur 7 Straatbeeld Transvaalbuurt (bron: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Transvaalbuurt\\_\(Amsterdam\)\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Transvaalbuurt_(Amsterdam)))) De authentieke afwerking van de panden zorgt voor een eigen karakter.*



Figuur 8 Ruimtelijke afbakening pilotgebied Transvaalbuurt

De authentieke afwerking van de panden in deze buurt zorgt voor een eigen karakter. Voor de bouw van de buurt is er opgehoogd met een zandlaag van ongeveer 4 tot 5,5 meter. Onder de zandlaag is een veenbodem te vinden die zich tussen 2 dunne lagen klei bevindt. De Transvaalbuurt heeft een geringe ontwateringsdiepte van ongeveer 80 cm en heeft een bodemdaling van tussen de 2,5 en 3,5 mm/jaar. Het gebied is geen onderdeel van een polder, en heeft dus geen peilbesluit.

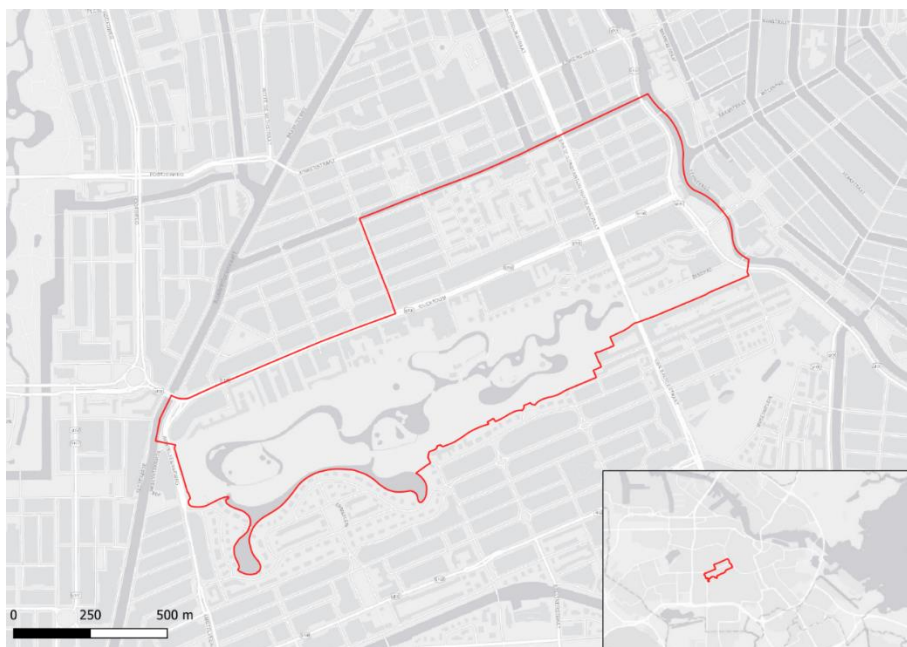
Het merendeel van de panden staat op een houten paalfundering. Een deel van de funderingen is in het verleden reeds hersteld of worden momenteel hersteld: een deel van de panden is gevoelig voor paalrot omdat de paalkoppen in de zomer boven het grondwater uitkomen. Bij een groot gedeelte van de op houten palen gefundeerde panden zitten de paalkoppen echter onder het grondwaterpeil. Grondwateroverlast is dan ook een groter probleem in de Transvaalbuurt dan grondwateronderlast. Er is maar weinig oppervlaktewater (alleen de Ringvaart ten zuiden) en het drainagestelsel is incompleet en verouderd.

#### 3.1.4 Pilotgebied 4: Helmersbuurt en Vondelpark

Ten westen van het Vondelpark ligt de Helmersbuurt, aangelegd in het eind van de 19<sup>e</sup> eeuw. Het Vondelpark zelf is met ruim 10 miljoen bezoekers per jaar één van de bekendste stadsparken in Nederland en ook de grootste van Amsterdam. Het park werd ruim 150 jaar geleden aangelegd en is een rijksmonument, waardoor de ruimtelijke opzet van het park is beschermd.



Figuur 9 Straatbeeld Helmersbuurt (bron: <https://www.makelaars-in-amsterdam.nl/expertises/wijken-amsterdam/helmersbuurt/>)



Figuur 10 Ruimtelijke afbakening pilotgebied Helmersbuurt en Vondelpark

Een deel van de panden in de Helmersbuurt zijn gefundeerd op houten palen. Het maaiveld loopt af richting het Vondelpark, van ongeveer een halve meter boven NAP op het hoogste punt tot -2 m NAP in de diepst gelegen delen van het park. De Helmersbuurt kent voldoende tot geringe ontwateringsdiepte die ligt tussen 50 en 150 cm. De dikte van de zandige ophoog laag varieert van ongeveer 1 tot 4,5 (lokaal wegen) meter. Onder deze laag bevindt zich een veenpakket. Door de aanwezigheid van een particulier polderriool<sup>13</sup> en verstoring van de grondwaterstroming bij renovatie van panden (waarbij vaak ook kelders worden aangelegd) kan verstoring van de natuurlijke grondwaterstromen optreden met grondwateroverlast en grondwateronderlast als gevolg. Doordat er in de Helmersbuurt veel verharding is, is er bij extreme neerslag veel kans op schade door wateroverlast. Vooral de Overtoom en de eerste Helmersstraat zijn erg gevoelig.

In het Vondelpark is al langer in toenemende mate problematiek met vernatting: de bodem (grotendeels klei en veen) daalt, en de ontwateringsdiepte neemt af. De maaiveldaling in de Helmersbuurt varieert tussen 1,2 en 2,3 mm/jaar. Voor het Vondelpark zijn weinig meetgegevens, omdat de InSAR data van SkyGeo geen dekkende resultaten heeft voor grote oppervlaktes groen. De relatieve grondwaterstijging zorgt voor schade aan het openbaar groen, door natte plekken in het park, hetgeen kan leiden tot het omvallen van bomen. Als gevolg van de hoge grondwaterstand in het park zijn inmiddels diverse bomen gefundeerd.

De Helmersbuurt is onderdeel van de stadsboezem met -0,4 als streefpeil. Het Vondelpark heeft -2,45 als streefpeil.

<sup>13</sup> In Amsterdam liggen in sommige wijken polderriolen in de grond. Een polderriool voert grondwater af naar het rioolnetwerk. Zo voorkomen polderriolen overlast door te hoog grondwater. Ze moeten dan wel goed werken. Oude, slecht onderhouden polderriolen kunnen voor problemen zorgen. (bron: <https://www.waternet.nl/ons-water/grondwater/>)



### 3.1.5 Pilotgebied 5: Krulslaplantsoen - Nieuw Kralenbeek

Het Krulslaplantsoen in Bijlmer Oost bestaat voornamelijk uit laagbouw. Binnen de gebruikte afbakening staan alleen rijwoningen. De rijwoningen in het Krulslaplantsoen komen uit 2006 en daarmee is het een van de nieuwere buurten uit de wijk. Hoewel de straten zelf weinig groen kennen, is de wijk omgeven met veel groene ruimte.



Figuur 11 Straatbeeld Krulslaplantsoen (bron: [www.straatfoto-amsterdam.nl](http://www.straatfoto-amsterdam.nl))



Figuur 12 Ruimtelijke afbakening pilotgebied Krulslaplantsoen - Nieuw Kralenbeek

Doordat deze wijk nog relatief recent is opgehoogd (jaren '60) dalen nieuwere delen van de wijk nog sterk. Zettingsverschillen leiden hier tot schade aan huisaansluitingen en tot reliëfverschillen. De bodemdaling in het Krulslaplantsoen ligt, tussen de 1,7 en 6,3 mm/jaar. In deze wijk leiden hoge grondwaterstanden tot vernattingsschade bij groen in tuinen en parken. Een kwelstroom in het gebied (tussen 2,5 en 5 mm/d) leidt tot veel wateroverlast in de openbare ruimte en het openbaar groen. Er ligt een gescheiden rioolstelsel in de wijk, met slechts één afvoerpunt voor de wijk. De wegzakkende omgeving zorgt voor een hoge frequente in onderhoud (ophogen) van openbare ruimte; een afnemende ontwateringsdiepte met bijbehorende problemen met vernatting van groen en wateroverlast en schade aan huisaansluitingen van woningen.

### 3.2 Overzicht fysiek en socio-economisch systeem

Voor het bepalen van de impact van bodemdaling op de pilotgebieden, is het van belang om de fysieke en socio-economische kenmerken in beeld te hebben. Deze kenmerken zijn samengevat in Tabel 8.

Tabel 8 Overzicht van fysieke en socio-economische kenmerken van de 5 pilotgebieden

		Tuindorp Oostzaan Oost	Terrasdorp	Transvaalbuurt	Helmersbuurt en Vondelpark	Kruisplantsoen
Fysiek systeem	Opbouw ondergrond	1-1,5 m ophoog laag, daaronder klei	1,5-2 m ophoog laag, daaronder klei met sporen van veen en zand	5-5,5 m ophoog laag, daaronder veenbodem tussen 2 dunne klei lagen	1-4,5 m ophoog laag, daaronder veen en klei	0,5-2,5 m ophoog laag, daaronder veen en klei
	Maaiveld	-2,4 m NAP	+1,3 m NAP	+ 0,5 tot +1 m NAP	+ 0,5 tot +1 m NAP	-2,1 m NAP
	Oppervlakte-waterpeil	-3,45 m NAP (polderpeil)	-0,4 m NAP (boezempeil)	-0,4 m NAP (boezempeil)	-0,4 m NAP (boezempeil) -2,45 m NAP (Vondelpark)	-4,17 m NAP (polderpeil)
	Geschatte bodemdaling <sup>14</sup>	1,2 mm/jaar	minimaal 1,1 mm/jaar en maximaal 2,3 mm/jaar	2,5 – 3,5 mm/jaar	1,2 – 2,3 mm/jaar	1,7 – 6,3 mm/jaar
	GHG ontwateringsdiepte	~ 0,5 m	0,5 – 1,5 m	~ 0,8 m	0,5 – 1,5 m	~ 0,7 m
	Wateroverlast	120 mm in 1 uur; 20 – 30 cm inundatiediepte	120 mm in 1 uur; 25 cm inundatiediepte	120 mm in 1 uur; 20 – 50 cm inundatiediepte	120 mm in 1 uur; 15 – 50 cm inundatiediepte	120 mm in 1 uur; 10 – 15 cm inundatie-diepte
	Grondwateroverlast of -onderlast	optrekkend vocht / vernatting van kruipruimtes en kelders, natte tuinen en openbaar groen.	optrekkend vocht / vernatting van kruipruimtes en kelders, maar op sommige plaatsen ook (lichte) schade aan houten paalfunderingen, schade aan openbaar groen.	optrekkend vocht / vernatting van kruipruimtes en kelders, natte tuinen en openbaar groen.	optrekkend vocht / vernatting van kruipruimtes en kelder, maar ook veel schade aan houten paalfunderingen, schade aan openbaar groen.	Natte tuinen.
	Fundering panden	Grootste deel op staal gefundeerd	Betonnen palen; enkele houten palen	Merendeel houten palen	Houten palen	Betonnen palen
	Verharding openbare ruimte	Hoge verhardingsgraad	Recent wadi's aangelegd	Weinig openbaar groen	Helmersbuurt grote mate van verharding; Vondelpark veel groen	Straten weinig groen, wijk omgeven met veel groen
	Socio-economisch	Woningbezit door corporatiescorporatiescorporaties (CBS, 2020)	66%	73%	41% en 27% gemengd particulier en corporatie	25%
WOZ-waarde (peildatum 2019)		€317.000	€250.000	€360.000	€521.000	€306.000
Inwoners (CBS, 2020)		4185 inwoners, grootste deel tussen 45 en 65 jaar	4070 inwoners, grootste deel tussen 25 en 65 jaar	9230 inwoners, grootste deel tussen 25 en 45 jaar	7360 inwoners met een gemiddelde leeftijd tussen 25 – 45 jaar	2.460 inwoners; tussen 25 en 65 jaar en veel kinderen
Gemiddeld inkomen (CBS, 2021)		Lage inkomens	16% een inkomen op of rond het sociaal minimum	18% een inkomen op of rond het sociaal minimum	Hoge inkomens	Lage inkomens

<sup>14</sup> zie Bijlage B voor bodemdalingkaarten

## 4 Omslagpunten leefbaarheid

De omslagpunten leefbaarheid van elk pilotgebied is bepaald aan de hand van de aannames en indicatoren zoals beschreven in paragraaf 2.1.

### 4.1 Pilotgebied 1: Tuindorp Oostzaan Oost

#### 4.1.1 Woonsituatie

Het grootste deel van Tuindorp Oostzaan Oost is gefundeerd op staal en zakt dan ook mee met het dalende maaiveld. Hierdoor is er minder sprake van een zettingsverschil tussen panden en het maaiveld. Dit houdt in dat infrastructuur gelijk met de panden zakt en er geen grotere drempelhoogte ontstaat. Tuindorp Oostzaan Oost heeft te maken met een uniforme zetting van ongeveer 1,2 mm/jaar, waardoor de kans op verschilzettingen binnen Tuindorp Oostzaan Oost gering is.

Panden in Tuindorp Oostzaan Oost zakken mee met het maaiveld en krijgen daardoor te maken met een kleinere ontwateringsdiepte. Dit leidt tot vocht- en wateroverlast in panden. Ook kan dit leiden tot vaker wateroverlast op straat en in tuinen. Uit de analyse blijkt dat bijna 60% van de panden al een te kleine ontwateringsdiepte heeft. Dit zal toenemen tot zo'n 70% in de aankomende 50 jaar. De situatie is in de huidige staat alarmerend, en het omslagpunt is al bereikt.

#### 4.1.2 Fysieke leefomgeving

Sinds de bouw van Tuindorp Oostzaan Oost is waarschijnlijk sprake geweest van een flinke bodemdaling. Nu daalt de bodem minder snel met als mogelijke oorzaken dat de bodem 'uitgedaald' is of doordat het peil niet langer geïndexeerd wordt. De nu geringe verdere bodemdaling heeft in Tuindorp Oostzaan Oost weinig extra effect op de fysieke leefomgeving. Naar verwachting zal de totale verdere bodemdaling in 2070 niet groot genoeg zijn om impact te hebben op het (her)bestraten van wegen en de kwaliteit van openbaar groen ten opzichte van de huidige situatie. Hier moet echter wel de kanttekening bij worden gezet dat door de geringe ontwateringsdiepte, door eerdere bodemdaling, het openbaar groen wel degelijk kans heeft om in kwaliteit achteruit te gaan. De analyse in deze quick scan geeft echter aan dat de invloed van bodemdaling op deze achteruitgang gering is. Wel kan door selectieve ophoging van de openbare ruimte op geconcentreerde plekken risico ontstaan op meer wateroverlast op straat. Het omslagpunt is hiervoor eigenlijk al bereikt.

#### 4.1.3 Sociale kwaliteit

Ongeveer 2/3 van de woningen in Tuindorp Oostzaan is in bezit van verschillende woningcorporaties. In de buurt zijn er 5 grote woningcorporaties actief met ieder een eigen aanpak met betrekking tot onderhoud van de panden. Ondanks de verschillen in aanpak is de verwachting is dat er weinig verschillen in conditie te zien zullen zijn tussen de panden.

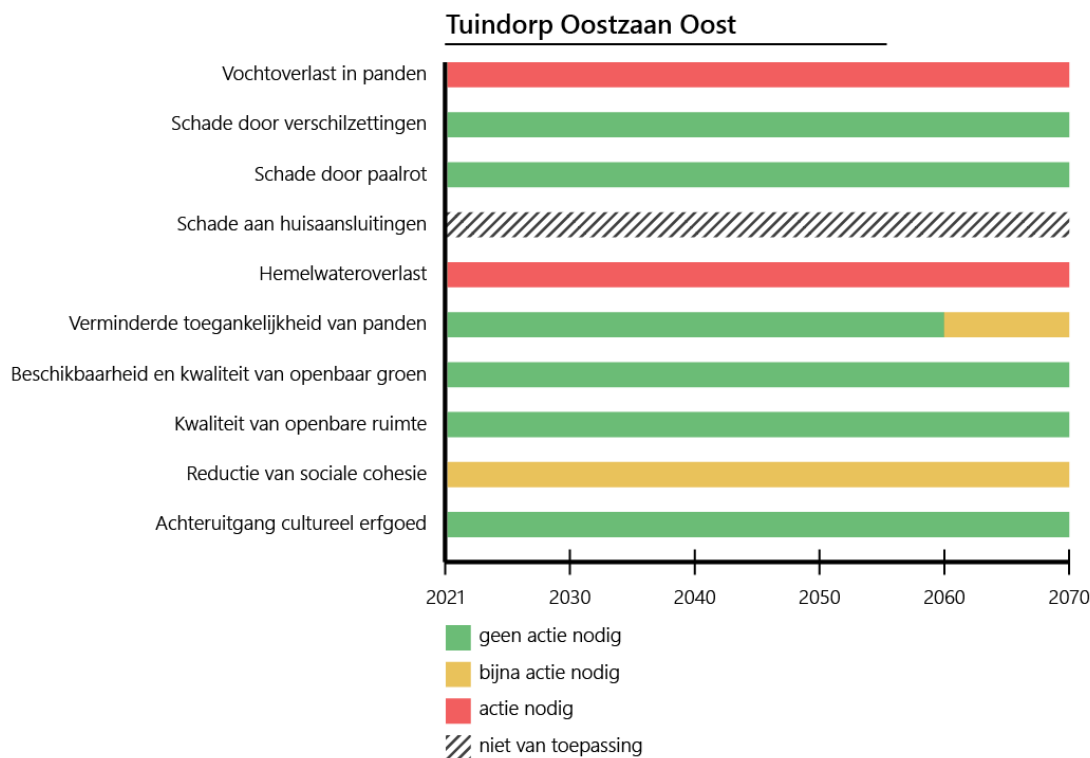
De sociale cohesie in de buurt is hoog. Bewoners van corporatiewoningen in de wijk hebben veelal lage inkomens en daarmee weinig draagkracht om zelf problemen met vochtoverlast en laaggelegen tuinen te voorkomen of aan te pakken. De laatste jaren worden ook steeds meer woningen vanuit de corporatie verkocht aan particulieren. Dit komt mede door de flinke stijging in waarde van de huizen. Deze verkoop leidt tot grootschalige renovatie binnen de buurt. Als nieuwe, draagkrachtige eigenaren besluiten om hun tuinen op te hogen, kan dit het probleem van wateroverlast afwentelen op minder draagkrachtige eigenaren. Dit kan leiden tot een verkleinde sociale cohesie.



#### 4.1.4 Cultureel erfgoed

Hoewel de wijk zelf geen officiële status als cultureel erfgoed heeft, zijn de arbeiderswoningen uit de jaren '20 van de vorige eeuw wel karakteristiek. Ook zijn er meer dan 15 monumenten te vinden in de buurt, verschillend tussen gemeentelijke status of landelijk (rijksmonument). Deze kennen slechts een geringe bedreiging door de verzakking.

Bovenstaande toelichtingen van de impact van bodemdaling op leefbaarheid in Tuindorp Oostzaan Oost leidt tot het onderstaande overzicht van omslagpunten.



Figuur 13 Omslagpunten leefbaarheid, pilotgebied Tuindorp Oostzaan Oost

## 4.2 Pilotgebied 2: Terrasdorp

### 4.2.1 Woonsituatie

Bij een significant aantal panden in Terrasdorp is al sprake van een geringe ontwateringsdiepte en mogelijke wateroverlast. Bij het merendeel van de panden is echter geen sprake van natte kruipruimtes. Aangezien alle panden in Terrasdorp zijn gefundeerd op (voornamelijk houten) palen is de kans klein dat deze situatie verslechtert en dat er een omslagpunt wordt bereikt. Het is mogelijk dat op houten palen gefundeerde panden last krijgen van grondwateroverlast als de vloer van de kruipruimte, indien deze niet gefundeerd is, mee zakt met het maaiveld en daardoor het grondwater bereikt.

Het grootste gedeelte van Terrasdorp zakt niet snel, maar enkele gebieden kennen een maaiveld daling van 2,3 mm/jaar. Deze daling zorgt niet in grote mate voor schade aan huisaansluitingen. Wel kan de drempelhoogte in veel gevallen te groot worden, waardoor al vanaf 2040 drempelhulpen nodig zijn.

#### 4.2.2 Fysieke leefomgeving

Uit de analyse komt naar voren dat het maaiveld in Terrasdorp in de meeste straten niet sneller zakt dan 1.1 mm/jaar. In sommige gebieden is deze snelheid zo'n 2,3 mm/jaar, maar dit leidt niet tot een omslagpunt in leefbaarheid voor de kwaliteit van de openbare ruimte en de beschikbaarheid en kwaliteit van openbaar groen.

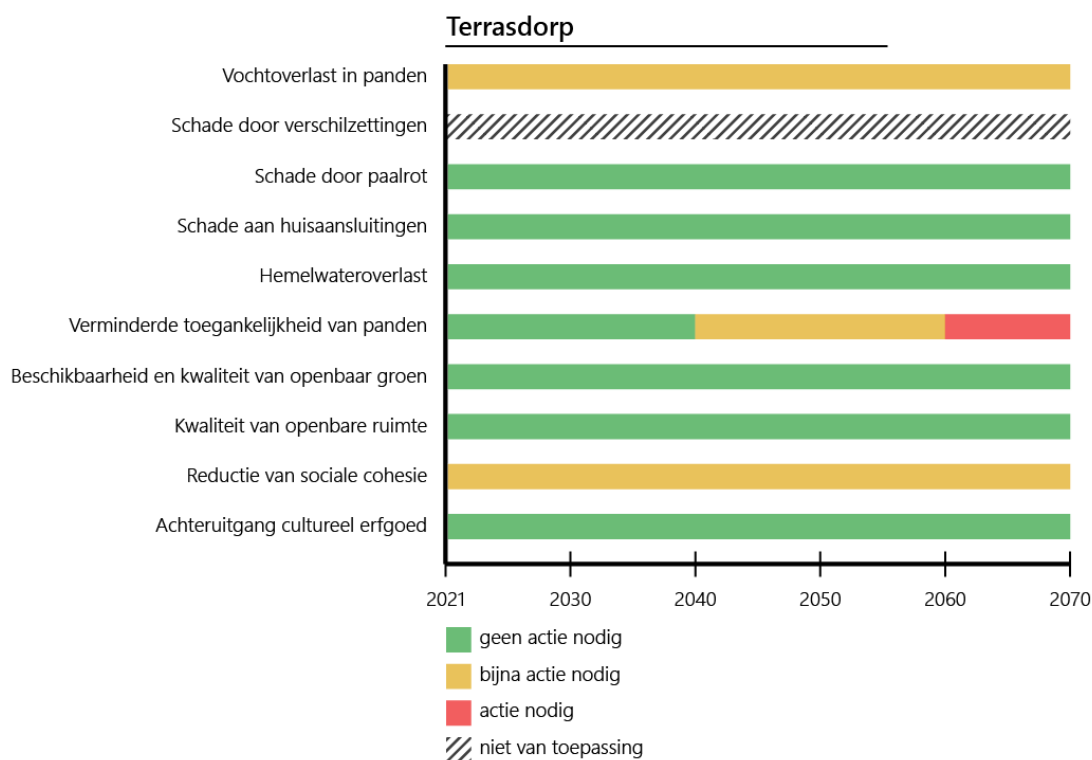
#### 4.2.3 Sociale kwaliteit

In deze buurt is, net als bij naast gelegen Tuindorp Oostzaan Oost, een groot deel van de gebouwen in bezit van woningcorporaties. Zes corporaties bezitten hier 73% van de gebouwen. De aanpak van bodemdalingsproblematiek zal per corporatie verschillen. Een reductie van sociale cohesie door verschillen in financiële draagkracht om iets te doen aan de gevolgen van bodemdaling voor huis of tuin kan op termijn een probleem vormen.

#### 4.2.4 Cultureel erfgoed

Er is in deze buurt geen sprake van geregistreerde monumenten. De impact op cultureel erfgoed is daardoor verwaarloosbaar in Terrasdorp.

Bovenstaande toelichtingen van de impact van bodemdaling op leefbaarheid in Terrasdorp leidt tot het onderstaande overzicht van omslagpunten.



Figuur 4 Omslagpunten leefbaarheid, pilotgebied Terrasdorp

### 4.3 Pilotgebied 3: Transvaalbuurt

#### 4.3.1 Woonsituatie

Omdat panden in de Transvaalbuurt gefundeerd zijn op houten palen, is er een kleinere kans dat bodemdaling impact heeft op de vochtoverlast in panden. Wel is het mogelijk dat op palen gefundeerde panden last krijgen van grondwateroverlast als de vloer van de kruipruimte, indien deze niet gefundeerd is, mee zakt met het maaiveld en daardoor het

grondwater bereikt. De snelle maaiveldaling heeft wel tot gevolg dat tuinen steeds lager komen te liggen. Dit maakt deze wijk in de toekomst gevoeliger voor hemelwateroverlast en uiteindelijk ook grondwateroverlast. Er worden weinig problemen voorzien met paalrot indien het waterpeil niet wordt geïndexeerd.

Het maaiveld zakt hier in de aankomende 50 jaar naar verwachting zo'n 15 cm. Voor dit rapport is gerekend met 2020 als uitgangspunt. Bij een verschil van 5cm is er al een drempelhulp nodig om de toegankelijkheid te behouden. De verwachting is dat in 2040 al bij meer dan 50% van de panden de omringende buitenruimten zoveel gezakt zijn dat de panden minder toegankelijk wordt. Dit heeft betrekking op alle gebouwen in de buurt. Aangezien in dit rapport alleen de *extra* drempelhoogte wordt berekend, zullen in de praktijk woningen al eerder een drempelhulp nodig hebben. Het berekende omslagpunt is in 2040.

Indien het zettingsverschil meer dan 10 cm is kan dit ook verder gevolgen hebben op de aansluiting van ondergrondse infrastructuur. Hier is dan ook in toenemende mate sprake van. De verwachting is dat tussen 2040 en 2050 het omslagpunt ligt voor de indicator 'schade aan huisaansluitingen'.

#### 4.3.2 Fysieke leefomgeving

De relatief snelle bodemdaling heeft een aanzienlijke impact op de openbare ruimte. De verwachting is dat vanaf 2050 de kwaliteit van de openbare ruimte en het openbare groen achteruit gaat. De openbare ruimte krijgt te maken met ongelijke zettingen. Het groen ondergaat een grote verandering in ontwateringsdiepte, waardoor het risico ontstaat dat er groen verloren gaat.

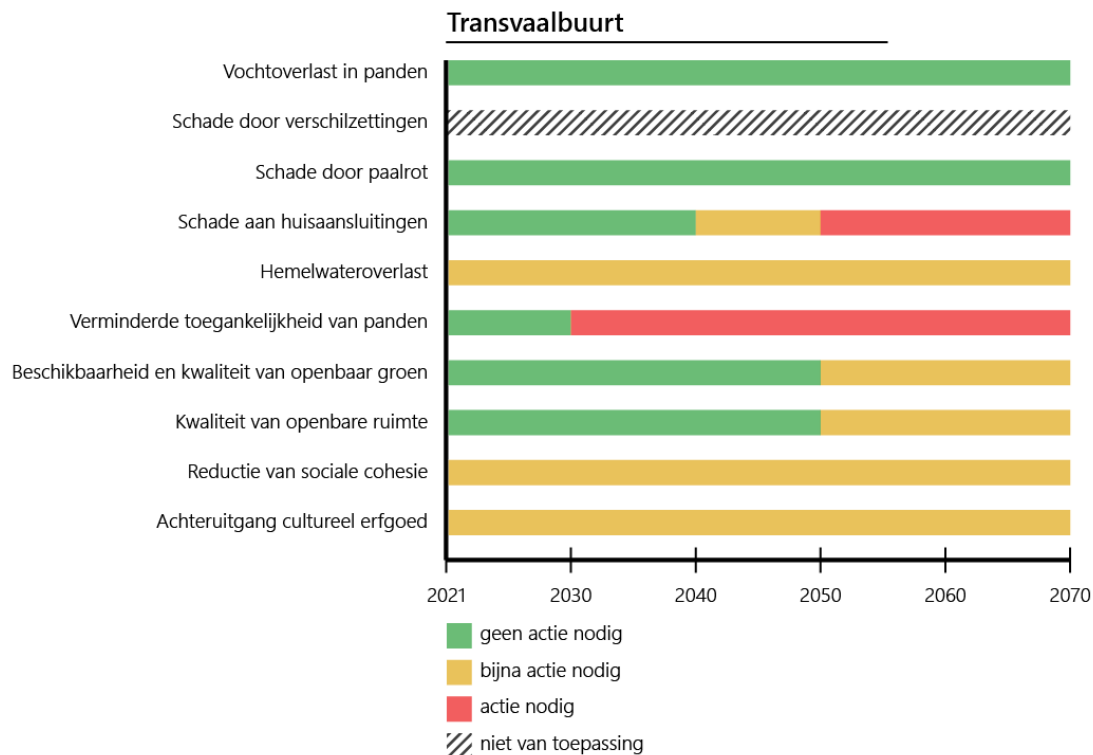
#### 4.3.3 Sociale kwaliteit

De buurt heeft 4950 adressen waarvan 41% onder bezit valt van woningcorporaties. Meer dan de helft van de panden moeten dus door particuliere eigenaren onderhouden worden. Dit kan leiden tot verschillen in onderhoud binnen een buurt. Draagkrachtige eigenaren hebben de mogelijkheid om schade door bodemdaling sneller te repareren dan minder draagkrachtige eigenaren en bewoners die hun woning huren.

#### 4.3.4 Cultureel erfgoed

In de buurt zijn er 14 gemeentelijke monumenten geregistreerd. Hiervan ligt een groot gedeelte om het Steve Bikoplein. Met de wens om dit cultureel erfgoed te behouden moet er snel geïnvesteerd worden. Door de relatief grote bodemdaling kunnen deze panden in gevaar komen en kwaliteit verliezen. Ook worden de panden gevoeliger voor mogelijke waterschade.

Bovenstaande toelichtingen van de impact van bodemdaling op leefbaarheid in Transvaalbuurt leidt tot het onderstaande overzicht van omslagpunten.



Figuur 14 Omslagpunten leefbaarheid, pilotgebied Transvaalbuurt

## 4.4 Pilotgebied 4: Helmersbuurt en Vondelpark

### 4.4.1 Woonsituatie

In de Helmersbuurt zijn er panden die al funderingsherstel hebben gepleegd. Meerdere particulieren hebben hier financieel de middelen voor en combineren dit met andere verbeteringen om en aan het huis, zoals het aanleggen van een kelder.

Met een gemiddelde zakking van zo'n 8 cm tot 2070 neemt de toegankelijkheid van de panden af. Zo is er al snel een verschil van meer dan 5 cm bij ruim 60% van de panden en wordt in 2040 het omslagpunt hiervoor bereikt. Rond 2060 zal schade aan huisaansluitingen een rol gaan spelen.

De houten palen zijn gevoelig voor schade. Het op een twee meter lager niveau bemalen Vondelpark zorgt voor een lagere/gradient in de grondwaterstand in de Helmersbuurt, waardoor de houten funderingspalen het risico lopen om boven het grondwater uit te komen.

### 4.4.2 Fysieke leefomgeving

Door de bodemdaling neemt de ontwateringsdiepte af en wordt het openbare groen gevoelig voor de natte bodem. Met name in het Vondelpark is de ontwateringsdiepte opvallend klein. Dit kan leiden tot een lagere kwaliteit van groen. De geringe ontwateringsdiepte is gevaarlijk voor de stabiliteit van bomen, waardoor het risico ontstaat dat het park voor langere periodes ontoegankelijk wordt. Omdat de bemaling van het Vondelpark de grondwaterstand van de Helmersbuurt beïnvloedt, kan de grondwaterstand van het park niet zomaar verlaagd worden. Dit zou namelijk meer funderingsschade tot gevolg hebben.

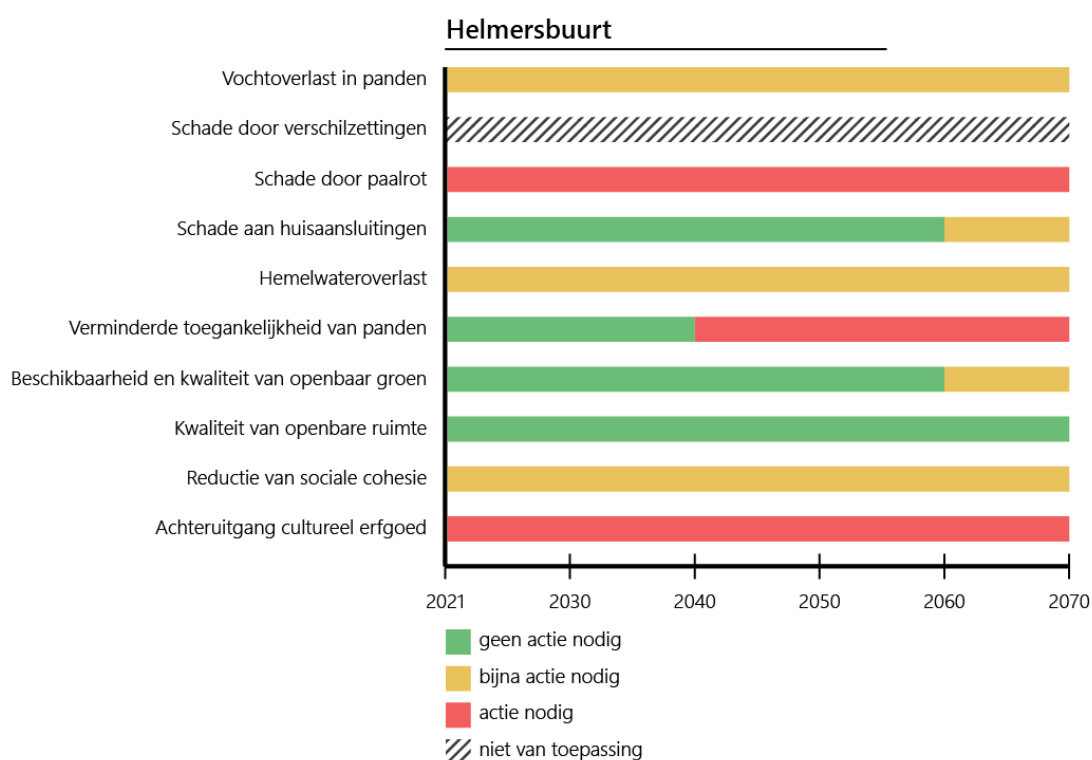
#### 4.4.3 Sociale kwaliteit

In de Helmersbuurt is een klein gedeelte van de panden in bezit van woningcorporaties (25%). Het grootste deel is particulier bezit. Men is actief bezig met onderhoud aan het pand. Er is veel financieel vermogen in de wijk beschikbaar, wat resulteert in een actieve aanpak van bodemdaling-gerelateerde problemen waar eigenaren zelf invloed op hebben. Verschil in draag- en daadkracht kan wel van invloed zijn op de sociale cohesie.

#### 4.4.4 Cultureel erfgoed

Een groot deel van de buurt valt onder cultureel erfgoed. Dit cultureel erfgoed zorgt voor een hoge urgentie in de buurt om de kwaliteit van het stadsgezicht in stand te houden. De bomen in het park krijgen ook meer waarde naarmate ze ouder worden. In Amsterdam is de doelstelling dat alle bomen 100 jaar oud kunnen worden. Door de afnemende ontwateringsdiepte komen deze bomen in gevaar.

Bovenstaande toelichtingen van de impact van bodemdaling op leefbaarheid in Helmersbuurt leidt tot het onderstaande overzicht van omslagpunten.



Figuur 15 Omslagpunten leefbaarheid, pilotgebied Helmersbuurt en Vondelpark

### 4.5 Pilotgebied 5: Krulslaplantsoen – Nieuw Kralenbeek

#### 4.5.1 Woonsituatie

De toegankelijkheid van de panden en de huisaansluitingen kunnen al snel een knelpunt worden in de leefbaarheid binnen de buurt. Dit komt door de snelle zetting van de bodem en de op betonnen palen gefundeerde panden die niet meezakken.

In de aankomende 50 jaar is een daling te verwachten van ruim 16 cm (indien de zettingsnelheid constant blijft). Deze snelle maaiveld daling heeft grote gevolgen voor gebouwen en de openbare ruimte. Zo zal naar verwachting al 80% van de panden een 5 cm

hogere drempel hebben dan tijdens de bouw. De verwachting is dat het omslagpunt voor toegankelijkheid van panden in 2030 wordt bereikt.

Meer dan de helft van de panden zal in 2040 meer dan 10 cm verschil ervaren met het maaiveld. Het omslagpunt voor schade aan huisaansluitingen wordt waarschijnlijk in 2040 bereikt.

#### 4.5.2 Fysieke leefomgeving

Het openbaar groen in het Krulslaplantsoen is gevoelig voor bodemdaling. Door de geringe ontwateringsdiepte zijn de grasvelden regelmatig jaar niet bespeelbaar. Deze problematiek wordt erger als er niet ingegrepen wordt. Door de snelle daling van de bodem hebben bomen een korte verwachte levensduur.

Door een toenemend zettingsverschil tussen maaiveld en panden zorgen reliëfverschillen in de buurt voor een verminderde toegankelijkheid. Zo kunnen delen ook gevoeliger worden voor wateroverlast. De verwachting is dat vanaf 2040 een groot deel van de openbare ruimte schade gaat ondervinden.

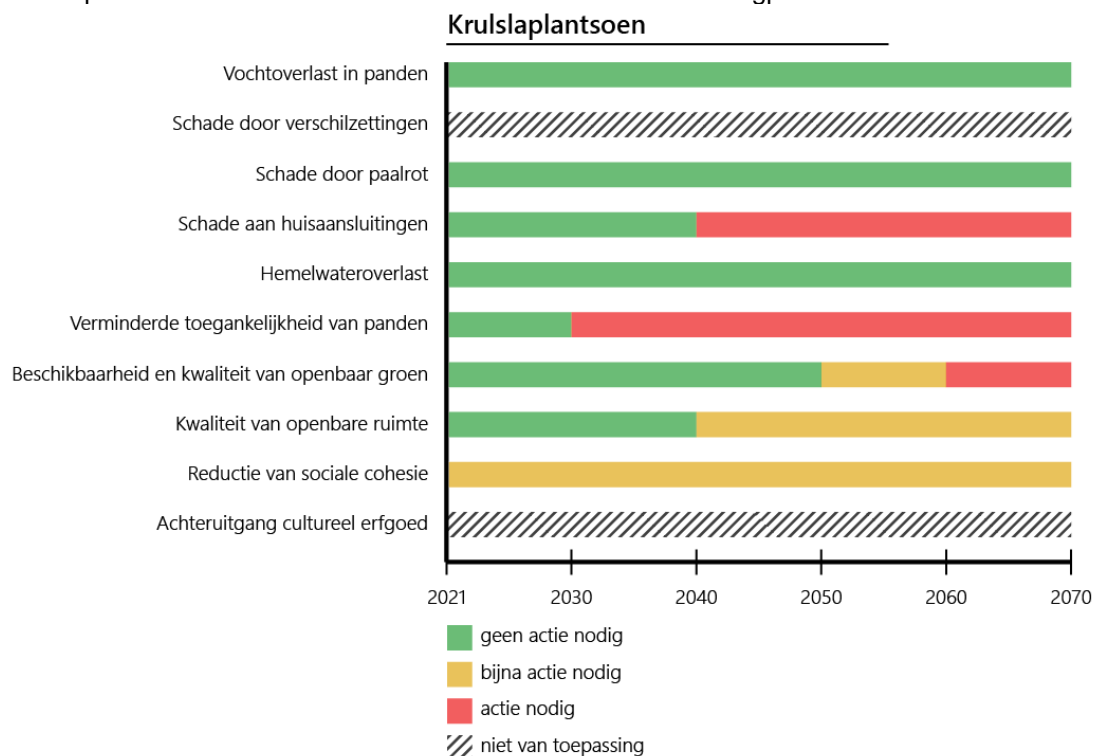
#### 4.5.3 Sociale kwaliteit

De verdeling in de buurt is vrij evenwichtig. De woningcorporatie bezit ongeveer 44% van de panden in deze buurt. Door de lage inkomens is er weinig draagkracht om de buurtkwaliteit te behouden.

#### 4.5.4 Cultureel erfgoed

Er is in deze buurt geen sprake van geregistreerde monumenten. De impact op cultureel erfgoed is daardoor verwaarloosbaar in het Krulslaplantsoen.

Bovenstaande toelichtingen van de impact van bodemdaling op leefbaarheid in Krulslaplantsoen leidt tot het onderstaande overzicht van omslagpunten.



Figuur 16 Omslagpunten leefbaarheid, pilotgebied Krulslaplantsoen



## 4.6 Conclusie

Wanneer we kijken naar de impact van bodemdaling op de leefbaarheid zien we grote verschillen tussen de vijf onderzoeksgebieden (zie Figuur 17 op volgende pagina voor overzicht van omslagpunten). Hieronder worden opvallende overeenkomsten en verschillen uiteengezet. Het is belangrijk om te benadrukken dat de exacte kwantificering van omslagpunten uitermate lastig is en niet haalbaar is binnen de scope van deze quick scan. De staafdiagrammen met omslagpunten geven een indicatie wanneer een omslagpunt verwacht kan worden, maar een hard jaartal noemen voor een knikpunt is lastig.

Tuindorp Oostzaan Oost is het enige onderzoeksgebied met panden op staal. Het valt op dat de impact van bodemdaling in Tuindorp Oostzaan Oost vooral vochtoverlast in panden en schade door hemelwateroverlast is. Omdat Tuindorp Oostzaan Oost niet meer snel zakt, heeft het weinig last van openbaar groen dat achteruit gaat, zettingsverschil, verslechterende toegankelijkheid van panden en schade aan huisaansluitingen.

Het risico op schade aan houten paalfunderingen speelt vooral in de Helmersbuurt. De aantasting van de paalfunderingen is echter niet direct het gevolg van bodemdaling ter plaatse maar van het lage oppervlaktewaterpeil in het Vondelpark en op sommige plaatsen de aanwezigheid van een polderriool. Echter, het hoge gemiddelde inkomen in deze wijk maakt dat deze problematiek door de eigenaren in principe goed aangepakt kan worden. Ook is cultureel erfgoed in deze wijk kwetsbaar voor schade door bodemdaling.

De op houten en betonnen palen gefundeerde gebieden Helmersbuurt, Transvaalbuurt en Krulslaplantsoen krijgen te maken met schade aan huisaansluitingen. In Terrasdorp speelt dit probleem vanwege de geringe bodemdaling minder of niet. Het moment waarop de gebieden met dit probleem te maken krijgen verschilt wel: de verwachting is dat rond 2040 het omslagpunt in het Krulslaplantsoen wordt bereikt, terwijl dit in de Helmersbuurt pas rond 2060 begint te spelen.

Openbaar groen in de Helmersbuurt, Transvaalbuurt en Krulslaplantsoen gaat vroeg of laat achteruit door verminderende ontwateringsdieptes. Omdat er gerekend wordt met 2020 als uitgangssituatie, treedt er volgens de berekening niet eerder dan 2050 schade op. Hierbij moet wel de kanttekening worden gemaakt dat er in realiteit al eerder schade kan optreden. Wellicht kampt een deel van dit groen nu al met te natte voeten.

De verdeling in schade tussen private eigenaren en woningcorporaties verschilt per onderzoeksgebied. Wanneer we gebouw-specifieke indicatoren overwegen (negatieve kleef, vochtoverlast in panden, schade door verschilderingen, schade door paalrot, schade aan huisaansluitingen, verminderde toegankelijkheid van panden), valt op dat zowel draagkrachtige als minder draagkrachtige wijken te maken krijgen met hoge kosten. Echter, gemiddeld genomen verschilt het vermogen van particulieren om zelf problemen op eigen terrein op te lossen naar aanleiding van de draagkracht. Eigenaren in de meer draagkrachtige wijken (Helmersbuurt, gevolgd door de Transvaalbuurt en Tuindorp Oostzaan Oost) hebben meer handelingsperspectief, waaronder renovatie of nieuwbouw. Voor bewoners van huurwoningen kunnen de kosten voor herstelwerkzaamheden doorwerken in de huurprijs, maar dat kan weer leiden tot ongewenste gentrificatie.



## 5 Economische impact bodemdaling

In dit hoofdstuk worden per pilotgebied de economische schadeposten uitgewerkt volgens de (reken)methodes zoals beschreven in paragraaf 2.3.

### 5.1 Pilotgebied 1: Tuindorp Oostzaan Oost

#### 5.1.1 Schade aan gebouwen

##### Schade door paalrot

Tuindorp Oostzaan Oost heeft weinig panden met een houten fundering; slechts enkele grote gebouwen hebben daardoor potentieel last van economische schade door paalrot wanneer ze droog zouden komen te staan. Het overgrote deel van de panden in Tuindorp Oostzaan Oost is op staal gefundeerd en heeft daardoor geen last van paalrot.

Tabel 9: economische schade aan gebouwen door paalrot in Tuindorp Oostzaan Oost.

Schadeklasse	Aantal woningen
D0	1992
D1	0
D2	14
D3	12
D4	0
D5	0

##### Schade door verschilzettingen

Aangezien panden in Tuindorp Oostzaan Oost voornamelijk op staal gefundeerd zijn, treden er verschilzettingen op. Echter, aangezien de bodemdalingssnelheid gering is, zal de schade door verschilzettingen meevallen. De meeste gebouwen komen terecht in schadeklasse D1, terwijl er ook een groep gebouwen volledig vrij blijft van schade door verschilzettingen.

Tabel 10: economische schade aan gebouwen door verschilzettingen in Tuindorp Oostzaan Oost.

Schadeklasse	Aantal woningen	Schade [€]
D0	126	158.000
D1	1672	2.090.000
D2	0	
D3	0	
D4	0	
D5	0	
Totaal	1798	2.248.000

## 5.1.2 Schade door reliëfverschillen

### Verminderde toegankelijkheid pand

In Tabel 11 wordt voor Tuindorp Oostzaan Oost een overzicht gegeven van het aantal op palen gefundeerde panden dat problemen krijgt met verminderde toegankelijkheid van het pand. Omdat 2020 de uitgangssituatie is, wordt er voor dit jaartal geen uitspraak gedaan over het aantal panden met verminderde toegankelijkheid. Aangezien er in Tuindorp Oostzaan Oost veel woningen op staal gefundeerd zijn, is het aantal woningen dat schade ondervindt in de loop van de tijd gering. In 2070 is de schatting dat grofweg de helft van de op palen gefundeerde woningen enige schade kent.

Tabel 11: aantal op palen gefundeerde panden met verminderde toegankelijkheid in Tuindorp Oostzaan Oost.

Schadeklasse	2030	2040	2050	2060	2070
Laag	40	40	40	40	24
Gemiddeld	0	0	0	0	16
Hoog	0	0	0	0	0

Tabel 12: Cumulatieve schade aan panden gefundeerd op palen door verminderde toegankelijkheid in Tuindorp Oostzaan Oost.

	2030	2040	2050	2060	2070
Schade [€]	0	0	0	0	2.000

### Schade aan huisaansluitingen

Het aantal panden met schade aan huisaansluitingen in Tuindorp Oostzaan Oost is weergegeven in Tabel 13. Omdat 2020 de uitgangssituatie is, wordt er voor dit jaartal geen uitspraak gedaan over het aantal panden met verminderde toegankelijkheid. De schatting is dat in 2070 vanwege de geringe bodemdaling geen panden (extra) problemen krijgen met schade aan huisaansluitingen.

Tabel 13: aantal op palen gefundeerde panden met schade aan huisaansluitingen in Tuindorp Oostzaan Oost.

Schadeklasse	2030	2040	2050	2060	2070
Laag	40	40	40	40	40
Hoog	0	0	0	0	0

Tabel 14: Cumulatieve schade aan huisaansluitingen bij op palen gefundeerde panden in Tuindorp Oostzaan Oost.

	2030	2040	2050	2060	2070
Schade [€]	0	0	0	0	0

## 5.1.3 Schade aan openbare ruimte en infrastructuur

De extra levenscycluskosten van verharding in de openbare ruimte wordt berekend over de periode 2020-2070. Uit de analyse blijkt dat er in Tuindorp Oostzaan Oost waarschijnlijk geen extra kosten gaan ontstaan als gevolg van nog optredende bodemdaling.

Tabel 15: aantal m<sup>2</sup> openbare ruimte dat schade ondervindt in Tuindorp Oostzaan Oost.

Schadeklasse	Aantal m <sup>2</sup> met schade	Extra levenscycluskosten [€]
Laag	148.525	0
Gemiddeld	0	0
Hoog	0	0

#### 5.1.4 Schade aan openbaar groen

De verwachting is dat er in 2070 een oppervlak van ongeveer 5550 m<sup>2</sup> aan openbaar groen schade gaat ondervinden door de afname van de ontwateringsdiepte. De bijkomende kosten worden geschat op ongeveer €43.000.

Tabel 16: aantal m<sup>2</sup> openbaar groen dat schade ondervindt in Tuindorp Oostzaan Oost.

Risicoklassen	2030	2040	2050	2060	2070
Zeer laag	90.950	90.950	90.950	90.950	85.400
Laag	0	0	0	0	5.550
Gemiddeld	0	0	0	0	0
Hoog	0	0	0	0	0
Zeer hoog	0	0	0	0	0

Tabel 17: Cumulatieve vervangingskosten voor openbaar groen in Tuindorp Oostzaan Oost.

Risicoklassen	2030	2040	2050	2060	2070
Zeer laag	0	0	0	0	0
Laag	0	0	0	0	43.000
Gemiddeld	0	0	0	0	0
Hoog	0	0	0	0	0
Zeer hoog	0	0	0	0	0
<b>Totaal</b>	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 43.000

#### 5.1.5 Schade door vochtoverlast in panden

In Tuindorp Oostzaan hebben in 2020 al zo'n 1200 panden gefundeerd op staal last van vochtoverlast door hoge grondwaterstanden. Dit aantal zal richting 2070 toenemen tot ongeveer 1400 panden.

Panden gefundeerd op palen kunnen kwetsbaar zijn voor vochtoverlast. Echter, aangezien er in deze analyse van uit wordt gegaan dat het grondwaterpeil gehandhaafd wordt, zal het aantal panden met grondwateroverlast niet toenemen. Het aantal panden in Tuindorp Oostzaan dat gefundeerd is op palen is klein, waardoor deze een kleine bijdrage hebben aan de som van kwetsbare panden.

Tabel 18: aantal panden met vochtoverlast in Tuindorp Oostzaan Oost.

	2020	2030	2040	2050	2060	2070
<b>Panden op staal met vochtoverlast</b>	1.196	1.242	1.281	1.327	1.360	1.387
<b>Panden op palen met vochtoverlast</b>	7	7	7	7	7	7
<b>Totaal</b>	1.203	1.249	1.288	1.334	1.367	1.394

Tabel 19: Cumulatieve schade (gezondheid + herstel pand) aan panden door vochtoverlast in Tuindorp Oostzaan Oost.

	2020	2030	2040	2050	2060	2070
<b>Cumulatieve Schade [€]</b>	18.538.000	19.247.000	19.848.000	20.557.000	21.065.000	21.482.000

### 5.1.6 Hoger risico op wateroverlast op straat

Tuindorp Oostzaan Oost is een vlakke polder, en door zijn ligging gevoelig voor overstroming. Dit wordt weerspiegeld in de analyse van schade door wateroverlast. Voor alle functies samen komt de schade neer op grofweg €10,000 per hectare per jaar, waarbij de woonfunctie, winkelfunctie en bijeenkomstfunctie de grootste schade te verduren krijgen.

Tabel 20: Schade door wateroverlast in Tuindorp Oostzaan Oost.

Categorie	Schade (€ / ha / jaar)
Woonfunctie	€ 1.300
Industriefunctie	€ 215
Kantoorfunctie	€ 228
Winkelfunctie	€ 1.570
Bijeenkomstfunctie	€ 2.307
Sportfunctie	€ 235
Onderwijsfunctie	€ 1.981
Gezondheidszorgfunctie	€ 1.791
<b>Totaal</b>	<b>€ 9.631</b>

## 5.2 Pilotgebied 2: Terrasdorp

### 5.2.1 Schade aan gebouwen

#### Schade door paalrot

Terrasdorp kent veel panden met houten funderingspalen. Uit de analyse blijkt dat een significant aantal panden last hebben of gaan krijgen van paalrot. De meerderheid van de panden krijgt te maken met schade, maar dit zal niet extreem zijn.



Tabel 21: economische schade aan gebouwen door paalrot in Terrasdorp.

Schadeklasse	Aantal woningen
D0	290
D1	343
D2	82
D3	0
D4	0
D5	0

#### Schade door verschilzettingen

Aangezien er in Terrasdorp geen panden op staal zijn gefundeerd, kent het gebied geen schade door verschilzettingen.

Tabel 22: economische schade aan gebouwen door verschilzettingen in Terrasdorp.

Schadeklasse	Aantal woningen	Schade [€]
D0	0	0
D1	0	0
D2	0	0
D3	0	0
D4	0	0
D5	0	0
Totaal	0	0

## 5.2.2 Schade door reliëfverschillen

### **Verminderde toegankelijkheid pand**

In Tabel 23 wordt voor Terrasdorp een overzicht gegeven van het aantal panden dat problemen krijgt met verminderde toegankelijkheid van het pand. Omdat 2020 de uitgangssituatie is, wordt er voor dit jaartal geen uitspraak gedaan over het aantal panden met verminderde toegankelijkheid (zie paragraaf 2.3.2).

De verwachting is dat in 2070 alle panden gefundeerd op palen last krijgen van verminderde toegankelijkheid. De toename van de drempelhoogte is bij alle panden minimaal 5 cm. Er zijn geen panden waarbij een toename van meer dan 25 cm wordt verwacht.

Tabel 23: aantal panden met verminderde toegankelijkheid in Terrasdorp.

Schadeklasse	2030	2040	2050	2060	2070
Laag	728	728	658	658	0
Gemiddeld	0	0	70	70	728
Hoog	0	0	0	0	0

Tabel 24: Cumulatieve schade aan panden gefundeerd op palen door verminderde toegankelijkheid in Terrasdorp.

	2030	2040	2050	2060	2070
Schade [€]	0	0	8.000	8.000	87.000

### Schade aan huisaansluitingen

Het aantal panden met schade aan huisaansluitingen in Terrasdorp is weergegeven in Tabel 25. Omdat 2020 de uitgangssituatie is, wordt er voor dit jaartal geen uitspraak gedaan over het aantal panden met verminderde toegankelijkheid (zie paragraaf 2.3.2).

Volgens de analyse krijgt een veertigtal panden problemen met huisaansluitingen in 2070, omdat daar een maaiveldaling van meer dan 10 cm wordt verwacht. De bijbehorende kosten worden geschat op €60,000.

Tabel 25: aantal panden met schade aan huisaansluitingen in Terrasdorp.

Schadeklasse	2030	2040	2050	2060	2070
Laag	728	728	728	728	688
Hoog	0	0	0	0	40

Tabel 26: Cumulatieve schade aan huisaansluitingen bij op palen gefundeerde panden in Terrasdorp.

	2030	2040	2050	2060	2070
Schade [€]	0	0	0	0	60.000

### 5.2.3 Schade aan openbare ruimte en infrastructuur

De extra levenscycluskosten van verharding in de openbare ruimte wordt berekend over de periode 2020-2070. De bodemdaling in Terrasdorp is gering, dus de analyse laat zien dat er voor 2070 waarschijnlijk geen extra kosten zullen ontstaan in het vervangen van elementen in de openbare ruimte.

Tabel 27: aantal m<sup>2</sup> openbare ruimte dat schade ondervindt in Terrasdorp.

Schadeklasse	Aantal m <sup>2</sup> met schade	Extra levenscycluskosten [€]
Laag	63.325	0
Gemiddeld	0	0
Hoog	0	0

### 5.2.4 Schade aan openbaar groen

Openbaar groen in Terrasdorp is op termijn kwetsbaar voor schade door de afname in ontwateringsdiepte. De analyse geeft aan dat er al vanaf 2050 extra kosten (ongeveer €78,000) gemaakt moeten worden, en dat deze kosten in 2070 kunnen oplopen tot ruim €400,000.

Tabel 28: aantal m<sup>2</sup> openbaar groen dat schade ondervindt in Terrasdorp.

Risicoklassen	2030	2040	2050	2060	2070
Zeer laag	44450	44450	34500	34500	0
Laag	0	0	9950	9950	39400
Gemiddeld	0	0	0	0	5050
Hoog	0	0	0	0	
Zeer hoog	0	0	0	0	

Tabel 29: Cumulatieve vervangingskosten voor openbaar groen in Terrasdorp.

Risicoklassen	2030	2040	2050	2060	2070
Zeer laag	0	0	0	0	0
Laag	0	0	77610	77610	307320
Gemiddeld	0	0	0	0	98475
Hoog	0	0	0	0	0
Zeer hoog	0	0	0	0	0
<b>Totaal</b>	€ 0.00	€ 0.00	€ 77.610	€ 77.610	€ 405.795

### 5.2.5 Schade door vochtoverlast in panden

Panden gefundeerd op palen kunnen kwetsbaar zijn voor vochtoverlast. Echter, aangezien er in deze analyse van uit wordt gegaan dat het grondwaterpeil gehandhaafd wordt, zal het aantal panden met grondwateroverlast niet toenemen. Het aantal panden met wateroverlast wordt geschat op 138.

Tabel 30: aantal panden met vochtoverlast in Terrasdorp.

	2020	2030	2040	2050	2060	2070
Panden op staal met vochtoverlast	0	0	0	0	0	0
Panden op palen met vochtoverlast	138	138	138	138	138	138
<b>Totaal</b>	138	138	138	138	138	138

Tabel 31: Cumulatieve schade (gezondheid + herstel pand) aan panden door vochtoverlast in Terrasdorp.

	2020	2030	2040	2050	2060	2070
Cumulatieve Schade [€]	2.127.000	2.127.000	2.127.000	2.127.000	2.127.000	2.127.000

### 5.2.6 Hoger risico op wateroverlast op straat

Terrasdorp ligt relatief hoog en is onlangs klimaatadaptief ingericht en heeft daardoor weinig last van schade door wateroverlast op straat. De totale schade wordt geschat op zo'n €1000 per hectare per jaar.

Tabel 32: Schade door wateroverlast in Terrasdorp.

Categorie	Schade (€ / ha / jaar)
Woonfunctie	€ 142
Industriefunctie	€ 127
Kantoorfunctie	€ 126
Winkelfunctie	€ 130
Bijeenkomstfunctie	€ 122
Sportfunctie	€ 40
Onderwijsfunctie	€ 115
Gezondheidszorgfunctie	€ 143
<b>Totaal</b>	<b>€ 948</b>

## 5.3 Pilotgebied 3: Transvaalbuurt

### 5.3.1 Schade aan gebouwen

#### Schade door paalrot

In de Transvaalbuurt zijn er veel panden op houten palen gefundeerd. Het overgrote gedeelte heeft echter geen last van paalrot, omdat de grondwatercondities gunstig zijn. In totaal zijn er enkele tientallen panden die schade zullen ondervinden door paalrot, waarvan er een aantal mogelijk grote reparatiekosten met zich meebrengen.

Tabel 33: Cumulatieve economische schade aan gebouwen door paalrot in de Transvaalbuurt.

Schadeklasse	Aantal woningen
D0	1157
D1	32
D2	0
D3	4
D4	0
D5	0

#### Schade door vershilzettingen

Aangezien er in de Transvaalbuurt geen panden op staal zijn gefundeerd, kent het gebied geen schade door vershilzettingen.

Tabel 34: economische schade aan gebouwen door vershilzettingen in de Transvaalbuurt.

Schadeklasse	Schade	Schade [€]
D0	0	0
D1	0	0
D2	0	0
D3	0	0
D4	0	0
D5	0	0
<b>Totaal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## 5.3.2 Schade door reliëfverschillen

### Verminderde toegankelijkheid pand

In Tabel 35 wordt voor de Transvaalbuurt een overzicht gegeven van het aantal panden dat problemen krijgt met verminderde toegankelijkheid van het pand. Omdat 2020 de uitgangssituatie is, wordt er voor dit jaartal geen uitspraak gedaan over het aantal panden met verminderde toegankelijkheid.

De verwachting is dat relatief snel (rond 2040) alle panden in de Transvaalbuurt te maken krijgen met een zettingsverschil van minimaal 5 cm (schadeklasse 'gemiddeld'). Dit betekent dat voor al deze panden een drempelhelp moet worden aangelegd. Bij geen van de panden is de toename van het verschil tussen de verdiepingsvloer en het maaiveld meer dan 25 cm.

Tabel 35: aantal panden met verminderde toegankelijkheid in de Transvaalbuurt.

Schadeklasse	2030	2040	2050	2060	2070
Laag	3.537	0	0	0	0
Gemiddeld	0	3.537	3.537	3.537	3.537
Hoog	0	0	0	0	0

Tabel 36: Cumulatieve schade aan panden gefundeerd op palen door verminderde toegankelijkheid in de Transvaalbuurt.

	2030	2040	2050	2060	2070
Schade [€]	0	424.000	424.000	424.000	424.000

### Schade aan huisaansluitingen

Het aantal panden met schade aan huisaansluitingen in de Transvaalbuurt is weergegeven in Tabel 37. Omdat 2020 de uitgangssituatie is, wordt er voor dit jaartal geen uitspraak gedaan over het aantal panden met verminderde toegankelijkheid.

Vanwege de snelle bodemdaling geeft de analyse aan dat tussen 2050 en 2060 alle panden in de Transvaalbuurt te maken krijgen met schade aan huisaansluitingen, omdat de totale zetting meer dan 10 cm is. De herstelkosten zijn meer dan €5 miljoen. Deze kosten komen voornamelijk voor de rekening van de eigenaar van het pand.

Tabel 37: aantal panden met schade aan huisaansluitingen in de Transvaalbuurt.

Schadeklasse	2030	2040	2050	2060	2070
Laag	3537	3537	3144	0	0
Hoog	0	0	393	3537	3537

Tabel 38: schade aan huisaansluitingen bij op palen gefundeerde panden in de Transvaalbuurt.

	2030	2040	2050	2060	2070
Schade [€]	0	0	590.000	5.306.000	5.306.000

## 5.3.3 Schade aan openbare ruimte en infrastructuur

De extra levenscycluskosten van verharding in de openbare ruimte wordt berekend over de periode 2020-2070. Uit de analyse blijkt dat ongeveer een kwart van de verharding in de openbare ruimte in de Transvaalbuurt zodanig zakt dat er extra levenscycluskosten gemaakt moeten worden. Het totale bedrag komt uit op ongeveer €4 miljoen.

Tabel 39: aantal m<sup>2</sup> openbare ruimte dat schade ondervindt in de Transvaalbuurt.

Schadeklasse	Aantal m <sup>2</sup> met schade	Extra levenscycluskosten [€]
Laag	101.675	0
Gemiddeld	38.625	3.824.000
Hoog	0	0

### 5.3.4 Schade aan openbaar groen

De verwachting is dat openbaar groen in de Transvaalbuurt zeer kwetsbaar wordt door de afname van de ontwateringsdiepte. Daardoor worden de vervangingskosten in 2040 al geschat op zo'n €123.000, en kunnen deze kosten in 2070 oplopen tot ruim €450.000.

Tabel 40: aantal m<sup>2</sup> openbaar groen dat schade ondervindt in de Transvaalbuurt.

Risicoklassen	2030	2040	2050	2060	2070
Zeer laag	15.825	0	0	0	0
Laag	0	15.825	11.725	0	0
Gemiddeld	0	0	4.100	15.825	8.175
Hoog	0	0	0	0	7.650
Zeer hoog	0	0	0	0	0

Tabel 41: Cumulatieve vervangingskosten voor openbaar groen in de Transvaalbuurt.

Risicoklassen	2030	2040	2050	2060	2070
Zeer laag	0	0	0	0	0
Laag	0	123.000	91.000	0	0
Gemiddeld	0	0	80.000	309.000	159.000
Hoog	0	0	0	0	298.000
Zeer hoog	0	0	0	0	0
<b>Totaal</b>	<b>€ 0</b>	<b>€ 123.000</b>	<b>€ 171.000</b>	<b>€ 309.000</b>	<b>€ 457.000</b>

### 5.3.5 Schade door vochtoverlast in panden

Panden gefundeerd op palen kunnen kwetsbaar zijn voor vochtoverlast. Echter, aangezien er in deze analyse van uit wordt gegaan dat het grondwaterpeil gehandhaafd wordt, zal het aantal panden met grondwateroverlast niet toenemen. Het aantal panden met wateroverlast wordt geschat op 187.

Tabel 42: aantal panden met vochtoverlast in de Transvaalbuurt.

	2020	2030	2040	2050	2060	2070
Panden op staal met vochtoverlast	0	0	0	0	0	0
Panden op palen met vochtoverlast	187	187	187	187	187	187
<b>Totaal</b>	<b>187</b>	<b>187</b>	<b>187</b>	<b>187</b>	<b>187</b>	<b>187</b>

Tabel 43: Cumulatieve schade (gezondheid + herstel pand) aan panden door vochtoverlast in de Transvaalbuurt.



	2020	2030	2040	2050	2060	2070
<b>Cumulatieve Schade [€]</b>	2.882.000	2.882.000	2.882.000	2.882.000	2.882.000	2.882.000

### 5.3.6 Hoger risico op wateroverlast op straat

Voor de Transvaalbuurt wordt geschat dat er een fysieke schadepost is van ongeveer €1600 per hectare per jaar door wateroverlast op straat. Deze schade is relatief gelijkmatig verdeeld over de aanwezige functies.

Tabel 44: Schade door wateroverlast in de Transvaalbuurt.

Categorie	Schade (€ / ha / jaar)
Woonfunctie	€ 292
Industriefunctie	€ 262
Kantoorfunctie	€ 288
Winkelfunctie	€ 237
Bijeenkomstfunctie	€ 24
Sportfunctie	€ 228
Onderwijsfunctie	€ 298
Gezondheidszorgfunctie	€ 25
<b>Totaal</b>	<b>€ 1.657</b>

## 5.4 Pilotgebied 4: Helmersbuurt en Vondelpark

### 5.4.1 Schade aan gebouwen

#### Schade door paalrot

In de Helmersbuurt zijn veel panden kwetsbaar voor paalrot, aangezien de meeste panden op houten palen zijn gefundeerd. De schatting is dat van de bijna 2000 panden ongeveer een kwart geen schade zal ondervinden. De overige panden krijgen wel te maken met schade door paalrot, waarbij er een significant aantal panden eindigt in de hoogste schadeklassen. Herstelwerkzaamheden zullen vooral voor de panden in schadeklassen D4 en D5 zeer hoog zijn.

Tabel 45: economische schade aan gebouwen door paalrot in de Helmersbuurt.

Schadeklasse	Aantal woningen
D0	656
D1	355
D2	20
D3	118
D4	466
D5	128

### Schade door verschilzettingen

Aangezien er in de Helmersbuurt geen panden op staal zijn gefundeerd, kent het gebied geen schade door verschilzettingen.

Tabel 46: economische schade aan gebouwen door verschilzettingen in de Helmersbuurt.

Schadeklasse	Schade	Schade [€]
D0	0	0
D1	0	0
D2	0	0
D3	0	0
D4	0	0
D5	0	0
Totaal	0	0

#### 5.4.2 Schade door reliëfverschillen

##### Verminderde toegankelijkheid pand

In Tabel 47 wordt voor de Helmersbuurt een overzicht gegeven van het aantal panden dat problemen krijgt met verminderde toegankelijkheid van het pand. Omdat 2020 de uitgangssituatie is, wordt er voor dit jaartal geen uitspraak gedaan over het aantal panden met verminderde toegankelijkheid (zie paragraaf 2.3.2).

De Helmersbuurt kent een significante bodemdaling. Daardoor is de verwachting dat in 2070 alle panden die op palen zijn gefundeerd te maken krijgen met verminderde toegankelijkheid. De toename van de drempelhoogte is in geen gevallen meer dan 25 cm, maar bij alle panden wordt de drempelhoogte minimaal 5 cm groter (met noodzaak tot een drempelhulp tot gevolg).

Tabel 47: aantal panden met verminderde toegankelijkheid in de Helmersbuurt.

Schadeklasse	2030	2040	2050	2060	2070
Laag	2.841	2.841	924	924	0
Gemiddeld	0	0	1.917	1.917	2.841
Hoog	0	0	0	0	0

Tabel 48: Cumulatieve schade aan panden gefundeerd op palen door verminderde toegankelijkheid in de Helmersbuurt.

	2030	2040	2050	2060	2070
Schade [€]	0	0	230.000	230.000	341.000

##### Schade aan huisaansluitingen

Het aantal panden met schade aan huisaansluitingen in de Helmersbuurt is weergegeven in Tabel 49. Omdat 2020 de uitgangssituatie is, wordt er voor dit jaartal geen uitspraak gedaan over het aantal panden met verminderde toegankelijkheid (zie paragraaf 2.3.2).

In de Helmersbuurt krijgt een deel van de panden (ongeveer 325) te maken met schade aan huisaansluitingen. Dit zal echter pas in 2070 optreden en ongeveer €500.000 schade met zich meebrengen.

Tabel 49: aantal panden met schade aan huisaansluitingen in de Helmersbuurt.

Schadeklasse	2030	2040	2050	2060	2070
Laag	2.841	2.841	2.841	2.841	2.516
Hoog	0	0	0	0	325

Tabel 50: Cumulatieve schade aan huisaansluitingen bij op palen gefundeerde panden in de Helmersbuurt.

	2030	2040	2050	2060	2070
Schade [€]	0	0	0	0	488.000

### 5.4.3 Schade aan openbare ruimte en infrastructuur

De extra levenscycluskosten van verharding in de openbare ruimte wordt berekend over de periode 2020-2070. In de Helmersbuurt is de bodemdaling significant, maar niet zodanig hoog dat er extra levenscycluskosten gemaakt hoeven te worden tot 2070 in het onderhoud van de openbare ruimte.

Tabel 51: aantal m<sup>2</sup> openbare ruimte dat schade ondervindt in de Helmersbuurt en Vondelpark.

Schadeklasse	Aantal m <sup>2</sup> met schade	Extra levenscycluskosten [€]
Laag	319.825	0
Gemiddeld	0	0
Hoog	0	0

### 5.4.4 Schade aan openbaar groen

In de Helmersbuurt en het Vondelpark krijgt al het openbaar groen te maken met (extra) schade door de afname van de ontwateringsdiepte. Vanwege de grote oppervlaktes openbaar groen kunnen de kosten in 2050 al boven de €2 miljoen komen, en kan dit in 2070 oplopen tot ruim €5 miljoen.

*Opmerking:* hoewel het grondwatermodel voor het Vondelpark niet correct gekalibreerd is, wordt er in deze studie vanuit gegaan dat al het openbaar groen in het Vondelpark te maken krijgt met risicoklasse 'gemiddeld' in 2070 (zoals het model nu ook aangeeft). Ondanks het niet-geoptimaliseerde model is het resultaat van de berekening in de lijn der verwachting.

Tabel 52: aantal m<sup>2</sup> openbaar groen dat schade ondervindt in de Helmersbuurt inclusief Vondelpark.

Risicoklassen	2030	2040	2050	2060	2070
Zeer laag	296.425	296.425	15.600	15.600	0
Laag	0	0	280.825	280.825	43.500
Gemiddeld	0	0	0	0	252.925
Hoog	0	0	0	0	0
Zeer hoog	0	0	0	0	0

Tabel 53: Cumulatieve vervangingskosten voor openbaar groen in de Helmersbuurt inclusief Vondelpark.

Risicoklassen	2030	2040	2050	2060	2070
Zeer laag	0	0	0	0	0
Laag	0	0	2.190.000	2.190.000	339.000
Gemiddeld	0	0	0	0	4.932.000
Hoog	0	0	0	0	0
Zeer hoog	0	0	0	0	0
<b>Totaal</b>	€ 0.00	€ 0.00	€ 2.190.000	€ 2.190.000	€ 5.271.000

#### 5.4.5 Schade door vochtoverlast in panden

Panden gefundeerd op palen kunnen kwetsbaar zijn voor vochtoverlast. Echter, aangezien er in deze analyse van uit wordt gegaan dat het grondwaterpeil gehandhaafd wordt, zal het aantal panden met grondwateroverlast niet toenemen. Het aantal panden met wateroverlast wordt geschat op 349.

Tabel 54: aantal panden met vochtoverlast in de Helmersbuurt.

	2020	2030	2040	2050	2060	2070
Panden op staal met vochtoverlast	0	0	0	0	0	0
Panden op palen met vochtoverlast	349	349	349	349	349	349
<b>Totaal</b>	349	349	349	349	349	349

Tabel 55: Cumulatieve schade (gezondheid + herstel pand) aan op palen gefundeerde panden door vochtoverlast in de Helmersbuurt.

	2020	2030	2040	2050	2060	2070
Cumulatieve Schade [€]	5.378.000	5.378.000	5.378.000	5.378.000	5.378.000	5.378.000

#### 5.4.6 Hoger risico op wateroverlast op straat

De schadepost door wateroverlast op straat is ongeveer €1.800 per hectare per jaar. Hiervan komt ongeveer €250 per hectare per jaar voor de rekening van de woonfunctie.

Tabel 56: Schade door wateroverlast in de Helmersbuurt.

Categorie	Schade (€ / ha / jaar)
Woonfunctie	€ 258
Industriefunctie	€ 188
Kantoorfunctie	€ 354
Winkelfunctie	€ 138
Bijeenkomstfunctie	€ 381
Sportfunctie	€ 235
Onderwijsfunctie	€ 44
Gezondheidszorgfunctie	€ 212
<b>Totaal</b>	€ 1.815

## 5.5 Pilotgebied 5: Krulslaplantsoen – Nieuw Kralenbeek

### 5.5.1 Schade aan gebouwen

#### Schade door paalrot

Het Krulslaplantsoen kent geen gebouwen die gefundeerd zijn op houten palen; alle panden zijn gefundeerd op betonnen palen. Paalrot is dan ook geen probleem in deze wijk.

Tabel 57: economische schade aan gebouwen door paalrot in het Krulslaplantsoen.

Schadeklasse	Aantal woningen
D0	157
D1	0
D2	0
D3	0
D4	0
D5	0

#### Schade door verschilzettingen

Aangezien er in het Krulslaplantsoen geen panden op staal zijn gefundeerd, kent het gebied geen schade door verschilzettingen.

Tabel 58: economische schade aan gebouwen door verschilzettingen in het Krulslaplantsoen.

Schadeklasse	Schade	Schade [€]
D0	0	0
D1	0	0
D2	0	0
D3	0	0
D4	0	0
D5	0	0
Totaal	0	0

### 5.5.2 Schade door reliëfverschillen

#### Verminderde toegankelijkheid pand

In Tabel 59 wordt voor het Krulslaplantsoen een overzicht gegeven van het aantal panden dat problemen krijgt met verminderde toegankelijkheid van het pand. Omdat 2020 de uitgangssituatie is, wordt er voor dit jaartal geen uitspraak gedaan over het aantal panden met verminderde toegankelijkheid.

In het Krulslaplantsoen is sprake van zeer snelle bodemdaling. Daardoor krijgen alle panden rond 2050 te maken met een toename van de drempelhoogte van minimaal 5 cm. Bij een deel van de panden zal de drempelhoogte zelfs 25 cm groter worden, waardoor er een traprede of hellingbaan geplaatst moet worden.

Tabel 59: aantal panden met verminderde toegankelijkheid in het Krulslaplantsoen.

Schadeklasse	2030	2040	2050	2060	2070
Laag	143	30	0	0	0
Gemiddeld	14	127	157	143	143
Hoog	0	0	0	14	14

Tabel 60: Cumulatieve schade aan panden gefundeerd op palen door verminderde toegankelijkheid in het Krulslaplantsoen.

	2030	2040	2050	2060	2070
Schade [€]	2.000	15.000	19.000	20.000	20.000

### Schade aan huisaansluitingen

Het aantal panden met schade aan huisaansluitingen in het Krulslaplantsoen is weergegeven in Tabel 61. Omdat 2020 de uitgangssituatie is, wordt er voor dit jaartal geen uitspraak gedaan over het aantal panden met verminderde toegankelijkheid.

Op veel plekken in het Krulslaplantsoen is de bodemdaling in 2050 al meer dan 10 cm. Rond dat jaartal krijgen al zo'n 100 panden gefundeerd op palen te maken met schade aan huisaansluitingen. De cumulatieve schadekosten lopen op van €21.000 in 2040 tot bijna €200.000 in 2070.

Tabel 61: aantal panden met schade aan huisaansluitingen in het Krulslaplantsoen.

Schadeklasse	2030	2040	2050	2060	2070
Laag	157	143	58	30	30
Hoog	0	14	99	127	127

Tabel 62: Cumulatieve schade aan huisaansluitingen bij op palen gefundeerde panden in het Krulslaplantsoen.

	2030	2040	2050	2060	2070
Schade [€]	0	21.000	149.000	191.000	191.000

## 5.5.3

### Schade aan openbare ruimte en infrastructuur

De extra levenscycluskosten van verharding in de openbare ruimte wordt berekend over de periode 2020-2070. Het Krulslaplantsoen kent delen met zeer snelle bodemdaling. Grote delen van de verharding in de openbare ruimte krijgen daardoor te maken met extra levenscycluskosten, waarbij de kosten kunnen oplopen tot ongeveer €1 miljoen.

Tabel 63: aantal m<sup>2</sup> openbare ruimte dat schade ondervindt in het Krulslaplantsoen.

Schadeklasse	Aantal m <sup>2</sup> met schade	Extra levenscycluskosten [€]
Laag	6200	0
Gemiddeld	9125	903.000
Hoog	0	0



#### 5.5.4 Schade aan openbaar groen

Vanwege de zeer snelle bodemdaling krijgt al het openbaar groen in het Krulslaplantsoen te maken met zeer grote schade door de afnemende ontwateringsdiepte. Zo'n 400 m<sup>2</sup> aan openbaar groen valt zelfs in de zwaarste schadecategorie. Het totale oppervlak aan openbaar groen is relatief beperkt, maar de kosten bouwen elk jaar op tot zo'n €160.000 in 2070.

Tabel 64: aantal m<sup>2</sup> openbaar groen dat schade ondervindt in het Krulslaplantsoen.

Risicoklassen	2030	2040	2050	2060	2070
Zeer laag	4.875	400	0	0	0
Laag	400	4.475	2.375	400	400
Gemiddeld	0	400	2.500	4.475	1.975
Hoog	0	0	400	0	2.500
Zeer hoog	0	0	0	400	400

Tabel 65: Cumulatieve vervangingskosten voor openbaar groen in het Krulslaplantsoen.

Risicoklassen	2030	2040	2050	2060	2070
Zeer laag	0	0	0	0	0
Laag	3.000	35.000	19.000	3.000	3.000
Gemiddeld	0	8.000	49.000	87.000	39.000
Hoog	0	0	16.000	0	98.000
Zeer hoog	0	0	0	22.000	22.000
<b>Totaal</b>	<b>€ 3.000</b>	<b>€ 43.000</b>	<b>€ 84.000</b>	<b>€ 112.000</b>	<b>€ 162.000</b>

#### 5.5.5 Schade door vochtoverlast in panden

Panden gefundeerd op palen kunnen kwetsbaar zijn voor vochtoverlast. Echter, aangezien er in deze analyse van uit wordt gegaan dat het grondwaterpeil gehandhaafd wordt, zal het aantal panden met grondwateroverlast niet toenemen. Het aantal panden met wateroverlast wordt geschat op 13.

Tabel 66: aantal panden met vochtoverlast in het Krulslaplantsoen.

	2020	2030	2040	2050	2060	2070
Panden op staal met vochtoverlast	0	0	0	0	0	0
Panden op palen met vochtoverlast	13	13	13	13	13	13
<b>Totaal</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>

Tabel 67: Cumulatieve schade (gezondheid + herstel pand) aan op palen gefundeerde panden door vochtoverlast in het Krulslaplantsoen.

	2020	2030	2040	2050	2060	2070
<b>Cumulatieve Schade [€]</b>	<b>200.000</b>	<b>200.000</b>	<b>200.000</b>	<b>200.000</b>	<b>200.000</b>	<b>200.000</b>

### 5.5.6 Hoger risico op wateroverlast op straat

In het Krulslaplantsoen wordt de schade door overlast op straat geschat op zo'n €1500 per hectare per jaar. Daarvan komt een groot deel voor de rekening van de woonfunctie.

Tabel 68: Schade door wateroverlast in het Krulslaplantsoen.

Categorie	Schade (€ / ha / jaar)
Woonfunctie	€ 325
Industriefunctie	€ 469
Kantoorfunctie	€ 138
Winkelfunctie	€ 137
Bijeenkomstfunctie	€ 138
Sportfunctie	€ 23
Onderwijsfunctie	€ 133
Gezondheidszorgfunctie	€ 123
<b>Totaal</b>	€ 1.489

## 5.6 Overzicht schadeberekeningen en conclusies

De analyse van de economische impact van bodemdaling laat sprekende verschillen zien tussen de vijf onderzoeksgebieden. In Tabel 69 wordt een overzicht gegeven van de totale economische schade in de vijf onderzoeksgebieden voor het jaartal 2070. Daarin zijn ten behoeve van de leesbaarheid soms tussentijdse resultaten bij elkaar gevoegd. In de tekst hieronder worden de resultaten per pilotgebied besproken.

Tabel 69 Vergelijking economische schade in 2070 voor de vijf onderzoeksgebieden. Genoemde cumulatieve bedragen zijn contante waarden<sup>15</sup> over de periode tot 2070

	Tuindorp Oostzaan Oost	Terrasdorp	Transvaalbuurt	Helmertsbuurt + Vondelpark	Krulsaplantsoen
<b>Schade houten paalfunderingen</b> (cumulatief in € in 2070, uitgegaan van de hoogste herstelkosten)	D0: € 0 D1: € 0 D2: € 70.000 D3: € 120.000 D4: € 0 D5: € 0	D0: € 0 D1: € 686.000 D2: € 410.000 D3: € 0 D4: € 0 D5: € 0	D0: € 0 D1: € 64.000 D2: € 0 D3: € 40.000 D4: € 0 D5: € 0	D0: € 0 D1: € 710.000 D2: € 100.000 D3: € 1.180.000 D4: € 27.960.000 D5: € 15.360.000	D0: € 0 D1: € 0 D2: € 0 D3: € 0 D4: € 0 D5: € 0
<b>Zettingsschade pand op staal</b> (cumulatief in € in 2070)	€ 2.248.000	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
<b>(Gezondheids-) schade vochtoverlast in huis</b> (cumulatief in € in 2070)	€ 21.482.000	€ 2.127.000	€ 2.882.000	€ 5.378.000	€ 200.000
<b>Schade huisaansluitingen door zettingsverschillen</b> (cumulatief in € in 2070)	€ 0	€ 60.000	€ 5.306.000	€ 488.000	€ 191.000
<b>Hoge B&amp;O kosten OR</b> (cumulatief in € in 2070)	€ 0	€ 0	€ 3.824.000	€ 0	€ 903.000
<b>Schade openbaar groen</b> (cumulatief in € in 2070)	€ 43.000	€ 406.000	€ 458.000	€ 5.271.000	€ 161.000
<b>Schade door wateroverlast</b> (cumulatief in € in 2070)	€ 25.474.000	€ 1.085.000	€ 10.509.000	€ 3.132.000	€ 305.000
<b>Reliëfverschillen in OR/panden</b> (cumulatief in € in 2070)	€ 2.000	€ 87.000	€ 424.000	€ 341.000	€ 20.000
<b>Totaal</b> (cumulatief in € in 2070)	<b>€ 49.439.000</b>	<b>€ 4.861.000</b>	<b>€ 23.507.000</b>	<b>€ 59.920.000</b>	<b>€ 1.780.000</b>
<b>Totaal</b> (in € / ha in 2070)	<b>€ 935.000</b>	<b>€ 212.000</b>	<b>€ 622.000</b>	<b>€ 517.000</b>	<b>€ 434.000</b>

Er zijn grote verschillen tussen de gebieden wat betreft economische schade en voor wiens rekening de schade komt. In Tuindorp Oostzaan Oost en Terrasdorp is (gezondheids-) schade door vochtoverlast de grootste kostenpost. In de Transvaalbuurt vormt schade aan huisaansluitingen de grootste kostenpost. In het Krulsaplantsoen vormen extra beheer & onderhoudskosten de meeste economische schade. En in de Helmertsbuurt is de verwachte schade aan houten paalfunderingen – uitgaande van de hoogste herstelkosten – de grootste schadepost. Hierbij wordt de kanttekening gemaakt dat de invloed van bodemdaling onbekend is op de schade aan houten paalfunderingen. Dit betreft slechts een 0-meting van de huidige situatie.

<sup>15</sup> De contante waarde (CW) is de waarde op dit moment van een bedrag, of serie van bedragen, in de toekomst. Voor de bepaling van de CW is een discontovoet van 2,25% gebruikt, conform de aanbevelingen van steunpunt economische expertise (<https://www.rwseconomie.nl/>)

Het valt op dat economische schade in Tuindorp Oostzaan Oost en Terrasdorp zich concentreert op enkele aspecten (optrekkend vocht in panden en schade door hemelwateroverlast). Dit is te verklaren door de relatief geringe bodemdaling in deze pilotgebieden. Het probleem van de kleine ontwateringsdiepte is op dit moment al aanwezig en wordt nauwelijks verergerd door bodemdaling. Ook zijn de meeste panden in Tuindorp Oostzaan Oost op staal gefundeerd, waardoor er minder problemen met toegankelijkheid en huisaansluitingen worden verwacht. Daarentegen hebben de Transvaalbuurt, Helmersbuurt en Krulslaplantsoen schade op diverse posten. Dit valt te wijten aan de grotere bodemdaling en de gebruikte funderingstechnieken.

De gebieden met de meeste verwachte cumulatieve schade (in € in 2070) zijn de Helmersbuurt en Tuindorp Oostzaan Oost. In de Helmersbuurt is dit met name toe te schrijven aan paalrot, maar het is belangrijk om te vermelden dat dit niet direct aan bodemdaling te koppelen is. Alleen als door bodemdaling in de toekomst het peil wordt geïndexeerd kan het risico op paalrot toenemen. In Tuindorp Oostzaan Oost is de verwachte (gezondheids-)schade voornamelijk toe te schrijven aan vochtoverlast in huizen. Daarnaast heeft Tuindorp Oostzaan Oost hoge schade door wateroverlast en een behoorlijke kostenpost door verschilzettingen van panden. Ook de Transvaalbuurt heeft last van hoge kosten, hoewel de schade in deze wijk meer divers van aard is. De Transvaalbuurt komt, wanneer gekeken wordt naar totale schade per oppervlak (€ / ha in 2070), samen met Tuindorp Oostzaan Oost en de Helmersbuurt als hoogste uit de vergelijking.

# 6 Verkenning organisatie aanpak en technische oplossingen

## 6.1 Organisatie aanpak bodemdaling

### 6.1.1 Bestaande netwerken

Er is in Nederland een groeiend aandacht voor bodemdaling. Op meerdere plekken waar sprake is van veen- en kleigronden wordt er gewerkt aan bewustwording en kennisdeling van de aanpak bodemdaling binnen stedelijk en landelijk gebied. In deze paragraaf worden een aantal relevante netwerken en mogelijke voordelen voor de gemeente Amsterdam toegelicht.

#### *Platform Slappe Bodem*

Platform Slappe Bodem is een Netwerk-Samenwerking voor regionale en lokale overheden. Doel van het platform is om bewustwording en agendering van regionale beleidsvelden en agenda's aan te moedigen. Dit om zo bodemdaling beheersbaar te maken op de lange en middellange termijn. De organisatie bestaat uit verschillende bestuurders en ambtenaren van gemeentes, provincies en waterschappen. Zij kunnen helpen bij het faciliteren van belangenbehartiging en actief inzetten op het bodemdalingsprobleem. Samenwerking en integraliteit zijn hierbij de uitgangspunten om dit te verwezenlijken. Gemeente Amsterdam kan als deelnemer een bijdrage leveren d.m.v. personele inzet en financiële bijdrage aan dit platform. In ruil maakt de stad deel uit van een ambtelijk netwerk waar kennis en ervaring gedeeld wordt.

#### *Coalitie stevige steden*

De coalitie heeft een belangrijke rol gehad bij het ontwikkelen van de aanpak kaderplan bodemdaling (Goudse) binnenstad. Met hun ervaring zijn ze gericht op het versterken van complexe en innovatieve projecten op het gebied van stedelijke bodemdaling in Nederland. Zo biedt de coalitie stevige steden handvatten (klankbord, kennis en netwerk) voor het duurzaam verankeren van bodemdalingsmaatregelen (levenscycluskosten benadering) in aanleg, beheer en onderhoud van openbare ruimte. De coalitie is een samenwerking van ambitieuze overheden, kennisinstellingen en belangenorganisaties en valt als werkorganisatie onder de vlag van het Platform Slappe Bodem. Zo geeft dit programma invulling aan de ambitie van het platform slappe bodem (Strategische agenda PSB 2020-2024). De coalitie heeft in hun proces aanpak bodemdaling actief gezocht naar kennisontwikkeling en innovatieve projecten om bodemdaling onder de aandacht te brengen. De gemeente Amsterdam kan hiervan kennis opnemen over hoe deze aanpak tot stand komt en welke projecten bepaalde kansen en struikelblokken kunnen vormen.

#### *Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling (NKB)*

Het NKB verbindt, versterkt en ontwikkelt kennis rondom bodemdaling en is zo het bodemdalingsloket geworden van Nederland. Het kennisprogramma draagt bij aan het klimaatbestendig en (water)robuust inrichten van landelijk en stedelijk gebied, met aandacht voor maatschappelijke opgaven. Het NKB kent deelexpedities rondom specifieke onderwerpen, bv. actief grondwaterbeheer, MKBA's bodemdaling, adaptieve monitoring. Projecten die hierbij zijn aangesloten zijn kennisprojecten om zo kennishouders te verbinden en van elkaar te leren. De gemeente Amsterdam zou zich kunnen aanmelden als deelnemer met een kennisproject om bodemdaling aan te pakken in stedelijk gebied. Zo kan de gemeente gebruik maken van kennis vanuit andere projecten en de partners.

## 6.1.2 Relevante beleidsplannen en visies gemeente Amsterdam

Er zijn een aantal beleidsplannen en visies binnen de gemeente Amsterdam die relevant zijn voor bodemdaling. In deze paragraaf worden de vier meest relevante plannen toegelicht: Omgevingsvisie Amsterdam 2050, Groenvisie 2020-2050, Strategie en Uitvoeringsagenda Klimaatadaptatie en Omgevingsprogramma Riolering 2022-2027.

### *Omgevingsvisie Amsterdam 2050*

In de Omgevingsvisie wordt een toekomstbeeld van Amsterdam in het jaar 2050 gegeven en wordt een plan geschetst hoe dat bereikt kan worden. Daarbij worden thema's als groen, bereikbaarheid, de verandering naar het gebruik van hernieuwbare energie, betaalbaarheid van woningen en sociale veiligheid in samenhang bekeken (Gemeente Amsterdam, 2021). Er is urgentie om bodemdaling tegen te gaan. Dit wordt veelal gecombineerd met herstel van biodiversiteit. Opvallend is de focus op landelijk gebied. Vanuit de Provincie is ook te zien dat er meer aandacht voor is voor het landelijk gebied dan voor de problematiek in de gebouwde omgeving. Amsterdam-Noord wordt wel genoemd als een van de plekken waar de stad te maken heeft met bodemdaling.

### *Groenvisie 2020-2050*

De Groenvisie (Gemeente Amsterdam, 2020) is één van de bouwstenen voor de Amsterdamse Omgevingsvisie en input voor de regionale Verstedelijkingsstrategie. Hierin staat de Amsterdamse visie beschreven voor groen en natuur gebruik binnen de stad. Het doel hierbij is om een leefbare stad voor mens en dier te creëren en behouden, waar gezondheid, natuur, klimaatadaptatie en sociaal welzijn de belangrijkste rollen in krijgen. Door verdichting van de stad is er een steeds groter belang bij het hebben van een leefbare omgeving en openbare ruimte waar de bezoeker en bewoner prettig kan verblijven. In de Groenvisie 2020-2050 komt het woord 'bodemdaling' slechts eenmaal voor binnen de context van droogte en funderingsschade (Gemeente Amsterdam, 2020). In dit 82 pagina's tellende programma, dat het beleid op het gebied van stedelijk groen en klimaatadaptatie weergeeft, wordt geen melding gemaakt van de bodemdaling in stadsparken.

### *Strategie en Uitvoeringsagenda Klimaatadaptatie*

In 2020 is de Strategie Klimaatadaptatie gepubliceerd waarin de gemeente Amsterdam samen met de drie waterschappen Amstel, Gooi en Vecht, Hollands Noorderkwartier en Rijnland, een stip op de horizon heeft gezet voor een klimaatbestendige stad. Het doel is om in 2050 zo goed mogelijk voorbereid te zijn op het veranderende klimaat. Onder het thema Droogte worden drie benodigde acties gelinkt aan bodemdaling:

- Een monitoringsprogramma om de bodemdaling in beeld te brengen;
- Het remmen van bodemdaling in Amsterdamse parken en veengebieden (in samenwerking met de provincie Noord-Holland en de waterschappen);
- Het effect van bodemdaling op bodemleven onderzoeken.

In 2021 verscheen de Uitvoeringsagenda (Gemeente Amsterdam, 2021) met concrete acties, inspiratie, goede voorbeelden in de stad en een verkenning naar doelen en richtlijnen op de vier klimaatthema's. In de verkenning voor het thema droogte is bodemdaling als opgave meegenomen:

- Droogte leidt tot grondwaterdaling en daarmee mogelijk tot bodemdaling, wat verzakkingen van groengebieden, wegen en rioleringen kan veroorzaken;
- Bodemdaling gaat ten koste van de infiltratieruimte, wat mogelijk een effect heeft op het bodemleven, bijvoorbeeld op de gangen van wormen. Bodemdaling heeft in de winter ook extra plasvorming op straat tot gevolg;
- Op staal gefundeerde huizen kunnen door bodemdaling, mogelijk (mede) veroorzaakt door droogte, scheefzakken.

Het Omgevingsprogramma Riolering 2022 – 2027 (Gemeente Amsterdam, 2021) concretiseert de Amsterdamse Omgevingsvisie 2050 voor de gemeentelijke taken voor stedelijk afvalwater, hemelwater en grondwater. In het Omgevingsprogramma Riolering wordt de link naar bodemdaling gelegd via grondwater. Er wordt aangegeven dat grondwater een randvoorwaardelijke rol heeft voor o.a. het beperken van bodemdaling. Daarnaast wordt ook aangegeven dat bodemdaling met name in Amsterdam-Noord en in de stadsparken voor complicaties zorgt en dat er analyses gedaan worden naar bodemdaling.

## 6.2 Inventarisatie technische oplossingen

Per onderzoeksgebied werd in november 2021 een werksessie gehouden met experts van Waternet, Ingenieursbureau Amsterdam en Deltares om mogelijke technische oplossingen te inventariseren. De werksessies hadden een open brainstormkarakter en mogelijke oplossingen werden vanuit verschillende aspecten bediscussieerd. Gezien de beperkte tijd werden de meeste oplossingsrichtingen niet in detail behandeld. Het is dus vanzelfsprekend dat de haalbaarheid van de maatregelen per gebied nog goed moet worden uitgezocht. De verzamelde lijst van oplossingen is dan ook zeker niet compleet. Gezien de (geo-)hydrologische achtergrond van de meeste deelnemers focussen de verzamelde technische oplossingen sterk op het watersysteem; bouwtechnische oplossingen werden minder belicht.

De geïnventariseerde maatregelen hebben als doel om gebiedsspecifieke problemen omtrent bodemdaling en water-gerelateerde problemen te mitigeren. De tabel in bijlage D geeft een overzicht van de geïnventariseerde mogelijke oplossingen per gebied. In deze paragraaf worden de mogelijke technische oplossingen per gebied besproken.

### 6.2.1 Tuindorp Oostzaan Oost

De wijk zakt en omdat huizen op staal zijn gefundeerd zakken deze mee. De openbare ruimte incl. groen is in het verleden vaak opgehoogd zodat het maaiveld hier hoger ligt dan de tuinen. Groenstroken, pleinen, etc. kunnen daarom vaak niet als waterberging benut worden en wateren in het ergste geval af richting huizen. Hoge grondwaterstanden en afwezigheid van een drainagestelsel leiden tot vochtoverlast in huizen, vernattingschade van groen en schade door wateroverlast. Verder ontstaat er zettingsschade aan panden door zettingsverschillen. Om problemen in Tuindorp Oostzaan Oost te mitigeren kunnen verschillende technische maatregelen worden bedacht, waaronder:

- Afstroom verbeteren door maaiveldplooïing: Door micro maaiveldinrichting hemelwater richting oppervlaktewater of richting nieuwe waterbergingen (waterpleinen etc.) afvoeren. Straten niet verder ophogen maar proberen van de straten waterbergingen te maken, b.v. door holle straatprofielen aan te leggen.
- Gescheiden rioolstelsel: Het oude riool vervangen door vuilwater- en hemelwaterafvoer. Omdat de oude leidingen mogelijk lek zijn (extra draineren) zou men drainage mee moeten leggen en deze aansluiten op de HWA.
- Peilgestuurde drainage: In alle straten een fijn drainagenetwerk aanleggen waarbij het drainageniveau tijdens de winter laag en tijdens de zomer hoog wordt ingesteld. Zo kan tijdens de zomer water worden vastgehouden om uitzakkende grondwaterstanden te voorkomen (om zo de bodemdaling tegen te gaan). Tijdens de winter leidt het lagere drainageniveau tot voldoende ontwatering. De minimale ontwateringsdiepte is het oppervlaktewaterpeil (-3,45 m NAP). Hierbij moet waarschijnlijk onderbemaling van het drainagestelsel plaatsvinden.
- Infiltratiesysteem: Aanvullend kan men via het drainagestelsel tijdens de zomer ook infiltreren. Hiervoor zou men het oppervlaktewater uit de polder op moeten pompen of men gebruikt oppervlaktewater vanuit de omliggende wijken met een hoger



oppervlaktewaterpeil (beheer door HHNK). In dat geval zou wateraanvoer ook onder vrij verval kunnen gebeuren, maar de leiding kruist dan wel een waterkering.

- Opzet van oppervlaktewaterpeil (nu -3,45 m NAP): Om tijdens de zomer vanuit het poldereigen oppervlaktewater te kunnen infiltreren. Invloed op de grondwaterstanden vanuit de watergangen zelf is beperkt aangezien er weinig oppervlaktewater is.
- Verlagen van oppervlaktewaterpeil: Tegenovergestelde van laatstgenoemde. Maakt een lager drainageniveau mogelijk en heeft extra drainerende werking in de buurt van watergangen. Het bevordert bodemdaling maar het is zou een goedkope oplossing kunnen zijn om de tijd te overbruggen eventueel sloop en nieuwbouw.

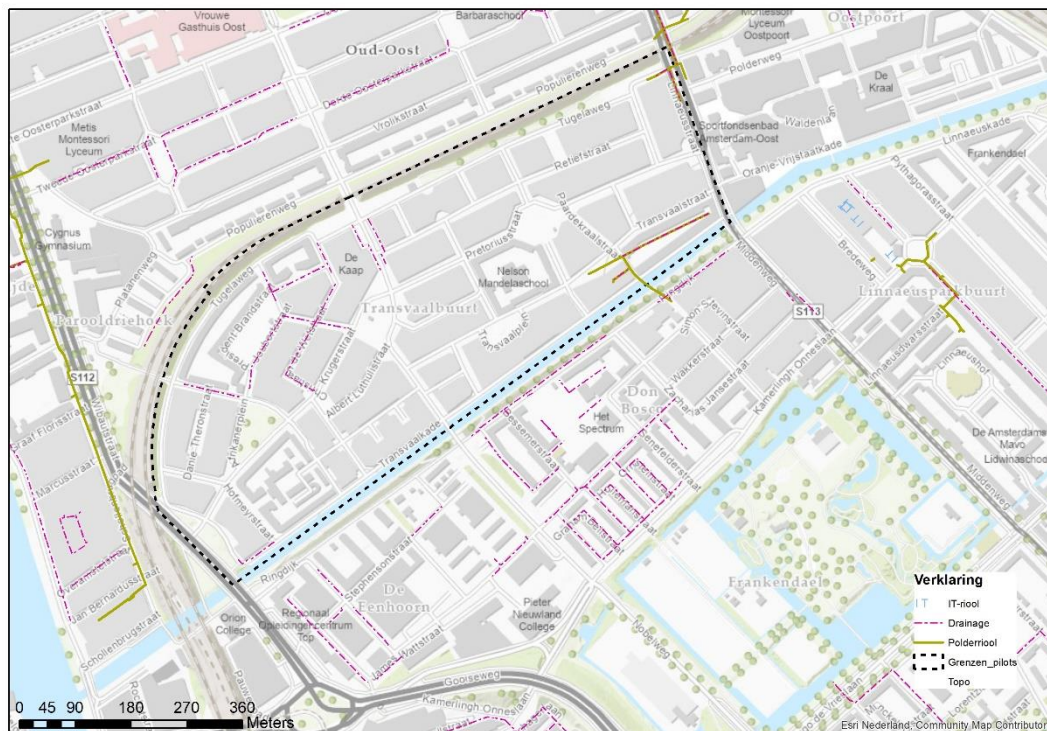
### 6.2.2 Terrasdorp

De wijk is gebouwd op een oud baggerdepot. Daardoor is de ondergrond en ook de ophoog laag zeer heterogeen, ook qua dikte. Dit leidt tot zettingsverschillen. De grondwaterstroming lijkt richting oosten georiënteerd, het verloop van het maaiveld volgend. De ontwateringsdiepte in het oosten is dan ook geringer. Ten oosten van de Pomonastraat stroomt het freatisch grondwater eventueel richting westen, naar het dieper liggende Tuindorp-Oostzaan, het verloop van het maaiveld volgend. De volgende technische maatregelen kunnen helpen om de problemen in Terrasdorp te mitigeren:

- Adaptief ophogen: Waar nodig het maaiveld ophogen, maar overal meer vernatting accepteren. Overigens werden straten al opgehoogd tijdens de herinrichting 2021.
- Afstroom verbeteren door maaiveldplooïing: Hemelwaterafstroming via straten richting oosten door micro maaiveldinrichting faciliteren en waar mogelijk Rainproof-maatregelen nemen. Infiltratievoorzieningen (b.v. wadi's) alleen in het westen realiseren i.v.m. de grotere ontwateringsdiepte. Bergingsvoorzieningen (b.v. waterpleinen) kunnen overal waar mogelijk worden toegepast.
- Gescheiden stelsel en drainage: Zal de ontwateringsdiepte verbeteren en grondwateroverlast helpen te voorkomen. Dit is wel afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem en die is waarschijnlijk relatief heterogeen. Deze maatregel is reeds uitgevoerd in 2021. Peilgestuurde drainage wordt niet aangeraden.

### 6.2.3 Transvaalbuurt

Grondwateroverlast is een groter probleem in de Transvaalbuurt dan grondwateronderlast. Er is maar weinig oppervlaktewater (alleen de Ringvaart ten zuiden) en het drainagestelsel is incompleet en verouderd (paars in Figuur 18). De buurt kent een diverse ophooggeschiedenis wat mogelijkwijks betekent dat de ondergrond gecompartmenteerd is m.b.t. grondwaterstroming (heterogene doorlatendheden en diktes van de ophoog laag). Vele grondwater gerelateerde problemen zijn dezelfde als in de Helmersbuurt.



Figuur 18 Drainage, IT-riolering en polderriolen in de Transvaalbuurt.

Een klein deel van de Transvaalbuurt ten zuidoosten ligt relatief laag en wordt gedraineerd m.b.v. een polderriool (groen in Figuur 18). De tuinen liggen hier onder het oppervlaktewaterpeil (-0,4 m NAP). De maaiveldaling in de Transvaalbuurt lijkt sterker te zijn dan in de Helmersbuurt. Wellicht heeft dit te maken met de relatief dikke ophoog laag (tot 5,5 m) en / of met het feit dat freatisch grondwater naar diepere lagen wegzakt en richting de lager gelegen Watergraafsmeer ten zuiden stroomt.

Er zijn een aantal technische maatregelen te bedenken om de water-gerelateerde problemen te mitigeren:

- **Drainagesysteem onder vrij verval naar het oppervlaktewater aanleggen:** Drainageniveau op -0,3 m NAP instellen (i.v.m. houten funderingen). (Behalve in deel polderriool (zuid-oosten))
- **Infiltratie:** Om het uitzakken van grondwaterstanden tijdens droogte te voorkomen zou infiltratie via DIT riolen misschien een optie zijn om de houten palen te beschermen. Nodig uitzoekwerk: Is het nodig? Hoeveel extra grondwaterfluctuatie is te verwachten door klimaatverandering? Is het mogelijk om onder vrij verval op oppervlaktewaterniveau (-0,4 m NAP) te infiltreren of liggen de palen te hoog?
- **Nieuwe sloot aanleggen:** B.v. langs spoordijk, ook in de wijk (pleinen), deels ondergronds bij smalle straatjes. Dit zou de ontwatering van de wijk bevorderen en tijdens de zomer de grondwateraanvulling verbeteren wat droogleggende palen kan voorkomen en de bodemdaling tegengaat.
- **Infiltratie naar diepe lagen:** Freatisch grondwater kunstmatig via afsluitbare putten naar diepere lagen laten infiltreren. Deze perforatie moet de grondwateroverlast tegengaan. Wel van tevoren goed onderzoeken wat de infiltratiecapaciteit van de diepere lagen en mogelijke effecten op de grondwatersituatie vooral in de Watergraafsmeer is. Ook moet zo'n systeem beheersbaar (dus afsluitbaar) zijn.

- Grondwater neutrale kelders: Ondergrondse obstakels zo veel mogelijk vermijden en een goede grondwaterstroming garanderen om grondwateropstuwung (overlast) te voorkomen. *Dit is sinds 2021 vigerend beleid voor heel Amsterdam.*
- Mogelijke maatregelen op particulier terrein:
  - Tuinen ophogen
  - Drainage op particulier perceel aanleggen, door huis aanbieden aan HWA (op juiste niveau (liever te hoog dan te laag) om niet in de zomer te draineren). In theorie is ook peilgestuurde drainage op perceelniveau mogelijk, maar we hebben twijfels of dit door particulieren goed aangelegd en beheerd zou worden.
  - Hemelwater naar straat afvoeren: Regenpijpen naar de straatzijde laten afwateren i.p.v. op de tuin.
  - Meer hemelwateropvang in tuinen realiseren (cisternen)
  - Kruipruimtes (vloeren) en kelders waterdicht maken (tegen optrekkend vocht en water in pand)
  - Lokaal water vasthouden en bij palen infiltreren om paalrot te voorkomen
  - Gemeenschappelijke drainage (polderriool-achtig) in tuinen aanleggen om wateroverlast tegen te gaan (probleem: coöperatie huiseigenaren).

#### 6.2.4 Helmersbuurt

De tuinen in de Helmersbuurt liggen vaak lager dan de straten wat tot grondwateroverlast leidt (schade aan groen, optrekkende vocht). Er is een particulier polderriool aanwezig (voormalige sloot) wat niet meer goed werkt. Verder worden er vele kelders gebouwd (gecombineerd met funderingsherstel) waardoor de grondwaterstroming belemmerd kan worden. Dit kan tot wateroverlast door beperkte infiltratie en beperkte grondwaterstroming in tuinen leiden. Tijdens droge perioden kan dit tot grondwateronderlast (droge paalfunderingen) leiden. De fluctuatie van de grondwaterstanden zal door klimaatveranderingen nog toenemen (+10 cm en -5 cm). Het risico op grondwateronderlast is groter rond het westelijke (werkende) deel van het polderriool en langs het Vondelpark waar de grondwaterstanden lager zijn. Door het lagere oppervlaktewaterpeil (-2,1 m NAP t.o.v. -0,4 m NAP boezempeil) van het Vondelpark is er een duidelijke grondwaterstroming richting zuiden. Lekke riolen kunnen ook voor grondwateronderlast zorgen, of juist voor grondwateroverlast als ze vervangen / afgedicht worden.

Bodemdaling is geen expliciet probleem in deze buurt, maar de openbare ruimte verzakt ten opzichte van de onderheide huizen natuurlijk en dit kan tot problemen bij huisaansluitingen leiden.

Volgende technische maatregelen kunnen helpen om de water-gerelateerde problemen te mitigeren:

- Kades doorlatend maken: Extra ontwatering en grondwateraanvulling via het oppervlaktewater faciliteren.
- Drainage aanleggen: Bij rioolvervanging drainage meeleggen om grondwateroverlast te voorkomen. Wel moet men letten op hoogtes van funderingshout, dit mag niet droog komen te liggen.
- Grondwater neutrale kelders: Ondergrondse obstakels zo veel mogelijk vermijden en een goede grondwaterstroming garanderen. *Dit is sinds 2021 vigerend beleid voor heel Amsterdam.*
- Riool (indien lek) vervangen: indien nodig onderheien met flexibele huisaansluitingen. Vaak zou het meeleggen van drainage nodig zijn om nieuwe situaties van grondwateroverlast te voorkomen.
- DIT riolen aanleggen: om grondwateronderlast (droogvallende palen) te voorkomen. Wateraanvoer onder vrij verval uit oppervlaktewater. Eventueel zouden ook

particuliere polderriolen aangesloten kunnen worden om de grondwaterstanden dichtbij de huizen beter te beïnvloeden. Dit eist wel een goede coördinatie van de huiseigenaren onderling.

- Mogelijke maatregelen op particulier terrein:
  - Tuinen ophogen
  - Drainage op particulier perceel aanleggen, door huis aanbieden aan HWA (op juiste niveau (liever te hoog dan te laag) om niet in de zomer te draineren). In theorie is ook peilgestuurde drainage op perceelniveau mogelijk, maar we hebben twijfels of dit door particulieren goed aangelegd en beheerd zou worden.
  - Hemelwater naar straat afvoeren: Regenpijpen naar de straatzijde laten afwateren i.p.v. op de tuin.
  - Meer hemelwateropvang in tuinen realiseren (cisternen)
  - Kruipruimtes (vloeren) en kelders waterdicht maken (tegen optrekkend vocht en water in pand)
  - Lokaal water vasthouden en bij palen infiltreren om paalrot te voorkomen
  - Gemeenschappelijke drainage (polderriool-achtig) in tuinen aanleggen om wateroverlast tegen te gaan (probleem: coöperatie huiseigenaren).
- Overgang naar Vondelpark:
  - Damwand aan noordzijde om groot verhang van grondwaterstanden en het resulterende risico op grondwateronderlast te voorkomen.
  - Infiltratiedrain rond park: Dit heeft hetzelfde doel maar gebruikt grondwateraanvulling i.p.v. een grondwaterbarrière om de grondwaterstanden te verhogen.

### 6.2.5 Krulslaplantsoen

In deze wijk leiden hoge grondwaterstanden tot vernattings schade bij groen in tuinen en parken. Zettingsverschillen leiden tot schade aan huisaansluitingen en tot reliëfverschillen. De hoge grondwaterstanden hebben waarschijnlijk te maken met een plaatselijk zeer dunne deklaag waardoor de regionale grondwaterstanden de freatische grondwaterstanden beïnvloeden (kwelgebied). De afstand tot het oppervlaktewater en de afwezigheid van drainage (behalve in een deel van de noordelijke Krulslaplantsoen) dragen waarschijnlijk ertoe bij dat de gewenste ontwateringsdiepte niet gehaald wordt. De freatische grondwaterstroming lijkt richting noorden georiënteerd, richting Karspeldreef. Mogelijkerwijs heeft hier een lek riool een drainerende werking, of stroomt het grondwater via het zandcunet af. De bodemdaling is waarschijnlijk gerelateerd aan de restzetting van de ophoog laag (opgehoogd in de jaren 1960). De grondwaterstanden hebben weinig invloed op de bodemdaling. Volgende technische maatregelen kunnen helpen om de problemen te mitigeren:

- Adaptief ophogen: Alleen lokaal daar ophogen waar het echt nodig is en verder meer vernatting accepteren. Ophogen bevordert bodemdaling en zou daarom zo beperkt als mogelijk toegepast worden.
- Natte vegetatie: Vernatting van tuinen en parken accepteren en het groen erop aanpassen
- Afstroom verbeteren door maaiveldplooing: B.v. straten zo inrichten dat hemelwater snel richting oost naar het dieper liggende groenstrook parallel aan de 3<sup>e</sup> Kekerstraat kan afstromen. Infiltratievoorzieningen zoals Wadi's zijn minder geschikt aangezien de al hoge grondwaterstand.
- Drainage in park aanleggen: Vooral de groenstrook Krulslaplantsoen en de groenstrook langs de 3<sup>e</sup> Kekerstraat draineren om zo schade aan bestaand groen te voorkomen.

- Nieuwe watergang graven: Om de ontwatering van het gebied te bevorderen zou men een watergang in de groenstrook langs de 3<sup>e</sup> Kekerstraat aan kunnen leggen. Idealiter wordt deze watergang via een oost-west lopende watergang parallel aan de Karspeldreef in verbinding gebracht met het bestaande oppervlaktewater. Dit zorgt voor extra ontwatering en voor doorstroom (waterkwaliteit). Bij het aanleggen van de nieuwe watergangen moet men wel op diepte en breedte letten om geen opbarsten / welvorming te veroorzaken.
- Mogelijke maatregelen op particulier terrein:
  - Tuinen ophogen
  - Drainage in tuin aanleggen en aanbieden bij Waternet

# 7 Discussie, conclusies en aanbevelingen

## 7.1 Discussie

Het doel van deze quick scan is *beter begrip te krijgen van de problematiek van bodemdaling in Amsterdam en de meerwaarde van investeringen of beleid om in betreffende stadsdelen op termijn problemen aan te pakken*. Om tot een schatting van de economische schadeposten en omslagpunten in leefbaarheid te komen, is een aanname in dit onderzoek dat de uitkomsten betrekking hebben op het *nul-alternatief*. Dit houdt in dat er geen ingrepen in het watersysteem worden voorzien in de looptijd van de berekeningen waarmee de gevolgen van bodemdaling versneld of vertraagd worden – een stationaire situatie. In de realiteit zullen er wellicht tot 2070 wel degelijk ingrepen plaatsvinden (zie voor inventarisatie van technische oplossingen, paragraaf 6.2), waarmee een deel van de schade te voorkomen is.

Dit onderzoek is een quick scan, die in een relatief kort tijdsbestek met de (beperkt) beschikbare data en binnen een opgelegde hoeveelheid tijd en middelen uitgevoerd. Daarom was een uitgebreide, gedetailleerde kwantificering niet mogelijk. Er is in dit onderzoek gewerkt met grove bestaande datasets over funderingen, grondwaterstanden en bodemdaling. Daarnaast zijn voor het bepalen van de omslagpunten leefbaarheid en de economische impact verschillende aannames gedaan en kosten kentallen gebruikt. De conclusies van dit onderzoek dienen vooral om een eerste schatting te maken van de verwachte economische impact en de urgentie van bodemdaling in de gemeente Amsterdam en moeten met uiterste voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Een voorbeeld van deze onzekerheid is dat in dit onderzoek is uitgegaan van een lineaire voortzetting van de bodemdaling tot 2070. Of dit daadwerkelijk gaat gebeuren is onduidelijk. Met behulp van veld- en laboratoriumonderzoek kan desgewenst nauwkeuriger bepaald worden hoeveel het maaiveld nog kan dalen (zie ook aanbevelingen in paragraaf 7.3).

De selectie van de pilotwijken is gebaseerd op basis van ondervonden overlast, waarbij een mogelijke link met bodemdaling voor de hand ligt. Het extrapoleren van de bevindingen voor deze pilotgebieden naar de schaal van de gehele gemeente kan alleen met uiterste zorg gebeuren.

## 7.2 Conclusies

De gepresenteerde resultaten in deze quick scan laten een gedifferentieerd beeld zien tussen de vijf onderzoeksgebieden (Tuindorp Oostzaan Oost, Terrasdorp, Helmersbuurt, Transvaalbuurt en Krulslaplantsoen). De verschillende oorzaken en aspecten van de bodemdaling-problematiek van de vijf gebieden wordt weerspiegeld in de economische schade en omslagpunten voor leefbaarheid. Er is niet één aanpak die voor alle gebieden en overige wijken in de gemeente Amsterdam een pasklaar antwoord geeft op bodemdaling. Om de aanpak af te stemmen op de lokale omstandigheden is nader onderzoek nodig.

Alle gebieden uit de quick scan krijgen te maken met bodemdaling. De mate waarin verschilt echter per gebied. Tuindorp Oostzaan Oost heeft gemiddeld de minste maaiveldddaling maar naar verwachting toch de grootste schade per oppervlakte in 2070. De Helmersbuurt heeft in absolute zin de meeste economische schade. Het overgrote deel hiervan is toe te schrijven aan funderingsschade (paalrot). Aangezien paalrot alleen indirect door bodemdaling beïnvloed wordt (door dalende grondwaterstanden als gevolg van peilindexatie), is voor deze quick scan alleen de nul-meting (2020 situatie) van belang. Het uitgangspunt is namelijk



dat het peil niet geïndexeerd wordt. De Transvaalbuurt en het Krulslaplantsoen ondergaan een sterke daling van het maaiveld, met aanzienlijke schades in 2070.

In gebieden waar panden op palen gefundeerd zijn en waar het maaiveld sterk daalt (Transvaalbuurt en Krulslaplantsoen) wordt veel schade verwacht aan huisaansluitingen en door verminderde toegankelijkheid van panden. De omslagpunten voor leefbaarheid liggen voor deze gebieden al vanaf 2030 voor de indicator 'verminderde toegankelijkheid van panden' en vanaf 2040 voor de indicator 'schade aan huisaansluitingen'. Verschillen in financiële draagkracht en gentrificatie maken deze wijken kwetsbaar voor de achteruitgang van de sociale cohesie. Ongelijke zettingen van het maaiveld in de openbare ruimte kan tot verminderde toegankelijkheid leiden voor mensen met verminderde mobiliteit.

In Tuindorp Oostzaan Oost, waar panden op staal zijn gefundeerd, is de afnemende ontwateringsdiepte met vernatting van de woningen het dominante probleem. Echter, dit is nu al het geval, de geringe bodemdaling in Tuindorp Oostzaan Oost heeft hier slechts een klein effect op. Voor deze indicator is het omslagpunt al bereikt; urgente actie wordt geadviseerd. Een bijkomend probleem voor Tuindorp Oostzaan Oost is de kwetsbaarheid voor hemelwateroverlast. Ongelijke maaiveld daling, een geringe ontwateringsdiepte en hoger liggende plantsoenen maken panden bijzonder kwetsbaar voor pluviale overstrooming.

In de Helmersbuurt speelt een verscheidenheid aan problemen. Het belangrijkste proces is schade aan funderingen vanwege het lage grondwaterpeil door de nabijheid van het Vondelpark. Sommige delen van de Helmersbuurt dalen zodanig snel dat de indicator 'toegankelijkheid van panden' vanaf 2040 een omslagpunt bereikt. Achteruitgang van cultureel erfgoed (monumentale panden en bomen) in zowel de Helmersbuurt als het Vondelpark vraagt om urgente actie. De hoge draagkracht van eigenaren in de Helmersbuurt maakt de buurt financieel veerkrachtig, maar een aandachtspunt daarbij is de noodzaak om collectief het probleem aan te pakken.

Vanwege de relatief geringe bodemdaling, stabiele ontwateringsdiepte en op palen gefundeerde woningen worden in Terrasdorp de minst acute omslagpunten in leefbaarheid als gevolg van bodemdaling verwacht. Er is nu al sprake van enige vochtoverlast in sommige panden, maar dit wordt niet voorzien erger te worden door bodemdaling. Enkele panden in Terrasdorp krijgen te maken met een verminderde toegankelijkheid, maar het omslagpunt hiervoor zal waarschijnlijk niet voor 2060 optreden.

In Nederland zijn er een aantal bodemdalingsnetwerken waar de gemeente Amsterdam haar voordeel mee zou kunnen doen voor wat betreft het uitwisselen van kennis en ervaringen. Dit zijn Platform Slappe Bodem, Coalitie Stevige steden en Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling. Daarnaast zijn er een aantal beleidsplannen en visies binnen de gemeente Amsterdam die relevant zijn voor bodemdaling: Omgevingsvisie Amsterdam 2050, Groenvisie 2020-2050, Strategie en Uitvoeringsagenda Klimaatadaptatie en Omgevingsprogramma Riolerings 2022-2027. In deze documenten heeft bodemdaling in meer of mindere mate een plek. Wanneer in het vervolg gekeken gaat worden naar mogelijke oplossingen en de verantwoordelijkheden van de verschillende partijen vormen deze beleidsdocumenten een belangrijke basis voor de verdere verankering van de aanpak van bodemdaling.



## 7.3 Aanbevelingen voor vervolg

### 7.3.1 Maaiveld daling en grondwatermodellering beter in beeld

Allereerst is het waard om te vermelden dat effectieve oplossingen alleen geadviseerd kunnen worden met een gedegen kennis van de werking van het huidige fysieke bodem- en watersysteem. Het is belangrijk om, naast het observeren van de opgetreden effecten, ook verder te onderzoeken hoe het (geo-)hydrologische systeem in elkaar zit zodat maatregelen effectiever kunnen worden toegepast. Op basis van deze quick scan, wordt daarom aanbevolen om nader onderzoek te doen naar de daling van het maaiveld en de panden voordat keuzes worden gemaakt ten aanzien van de technische oplossingen. In dit onderzoek is uitgegaan van een lineaire voortzetting van de bodemdaling tot 2070. Of dit daadwerkelijk gaat gebeuren is onduidelijk. In deze quick scan is gebruik gemaakt van InSAR data om de daling van het maaiveld te bepalen. Deze analyse zou verder uitgebreid kunnen worden door ook de zakking van de panden te bepalen. Daarnaast kunnen gegevens uit andere bronnen toegevoegd worden om een betrouwbaardere uitspraak over de daling te kunnen doen. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de gegevens van het meetboutennet Amsterdam, zoals beschreven in (Hogenes, 1998).

De analyses in dit onderzoek maken gebruik van de ontwateringsdiepte. De toekomstige ontwateringsdiepte kan worden geschat uit grondwaterstanden en bodemdalingsvoorspellingen. Aangezien er voor dit onderzoek geen gedetailleerd grondwatermodel beschikbaar was, de gegevens over de opbouw van bodem en ondergrond beperkt waren en het bodemdalingsmodel dus niet kon worden geverifieerd, kan de toekomstige ontwateringsdiepte in werkelijkheid afwijken van waarmee nu gerekend is. Het wordt aanbevolen om een gedetailleerd en gevalideerd grondwater- en bodemdalingsmodel te bouwen van de gehele stad. Op die manier kunnen meer betrouwbare uitspraken gedaan worden over veranderingen in de toekomst (bv. door klimaatverandering) en het effect op de verwachte schade.

### 7.3.2 Opschaling en verdere uitwerking resultaten

Uit deze quick scan blijkt dat bodemdaling ook in delen van de gebouwde stedelijke omgeving een significant probleem is, naast de reeds geagendeerde problematiek in parken en het veenweidegebied. Om de resultaten van deze studie op te kunnen schalen naar de hele gemeente Amsterdam is een mogelijke vervolgstap om de pilotgebieden in te delen naar zogenaamde wijk typologieën<sup>16</sup>. Op basis van het voorkomen van deze wijk typologieën kan dan vervolgens verkend worden wat de verwachte economische impact van bodemdaling op de gehele gemeente Amsterdam in 2070 is.

In deze quick scan zijn de economische schadeposten geaggregeerd naar de schaal van het pilotgebied. Daarbij ontbreekt informatie over welke partij (gemeente, waterschap, pandeigenaar, etc.) de economische schade te verwerken krijgt. In een vervolgonderzoek is het waardevol om de kosten uit te splitsen naar de verschillende partijen.

---

<sup>16</sup> Zie Klimateffectatlas: <https://www.klimateffectatlas.nl/nl/wijktypologie>

## 8 Referenties

- CBS. (2020). *kerncijfers wijken en buurten, woningvoorraad*. CBS.
- CBS. (2021). *Gemiddeld inkomen per inwoner*. AlleCijfers.
- gemeente Amsterdam. (2019). *woningcorporatiebezit metropoolregio Amsterdam*. Amsterdam. Opgehaald van [https://maps.amsterdam.nl/afwc\\_2019/](https://maps.amsterdam.nl/afwc_2019/)
- Gemeente Amsterdam. (2020). *Groenvisie 2020-2050: Een leefbare stad voor mens en dier*.
- Gemeente Amsterdam. (2021). *Omgevingsvisie Amsterdam 2050*.
- Gemeente Amsterdam. (2021). *Ontwerp Omgevingsprogramma Riolering 2022-2027*.
- Gemeente Amsterdam. (2021). *Uitvoeringsagenda Klimaatadaptatie*.
- Gemeente Amsterdam. (sd). *De groei van Amsterdam vanaf 1850*. Amsterdam. Opgehaald van <https://maps.amsterdam.nl/bouwjaar/>
- Gemeente Amsterdam. (Januari 2020). *Wonen in Amsterdam 2019 - Leefbaarheid*.
- Gemeente Gouda en Hoogheemraadschap Rijnland. (2020). *Gouda Stevige Stad - Kaderplan Bodemdaling Binnenstad*. Gouda.
- Hogenes, C. (1998). *Meetboutennet Amsterdam (NAP-hoogtemerken)*. Omegam.
- Kok, S. (2019). *MKBA kaderplan bodemdaling binnenstad Gouda*. Deltares.
- Kok, S., & Costa, A. (2021). Framework for economic cost assessment of land subsidence. *Natural Hazards*, 106, 1931-1949. doi:<https://doi.org/10.1007/s11069-021-04520-3>
- Ministerie van BZK. (2022). *Leefbaarometer - online informatie over leefbaarheid in alle buurten en wijken*. Opgehaald van <https://www.leefbaarometer.nl/home.php>
- PBL. (2016). *Dalende bodems, stijgende kosten - Mogelijke maatregelen tegen veenbodemdeling in het landelijk en stedelijk gebied*. PBL-publicatienummer: 1064, Den Haag.
- Sweco, Deltares. (2018). *Managementrapportage Kosten in beeld*. De Bilt.
- Wikipedia. (2021). *Wikipedia - Geschiedenis van Amsterdam*. Opgehaald van [https://nl.wikipedia.org/wiki/Geschiedenis\\_van\\_Amsterdam](https://nl.wikipedia.org/wiki/Geschiedenis_van_Amsterdam)

# A Bijlage: Inundatiekaarten

De inundatiekaarten in deze bijlage zijn gebaseerd op gegevens van Amsterdam Rainproof. De diepte is het gevolg van een regenbui van 1 uur waarin 120 mm neerslag valt. In de kaarten zijn de posities van gemeentelijke en rijksmonumenten weergegeven.

## Tuindorp Oostzaan Oost



## Terrasdorp





### Transvaalbuurt



### Helmersbuurt

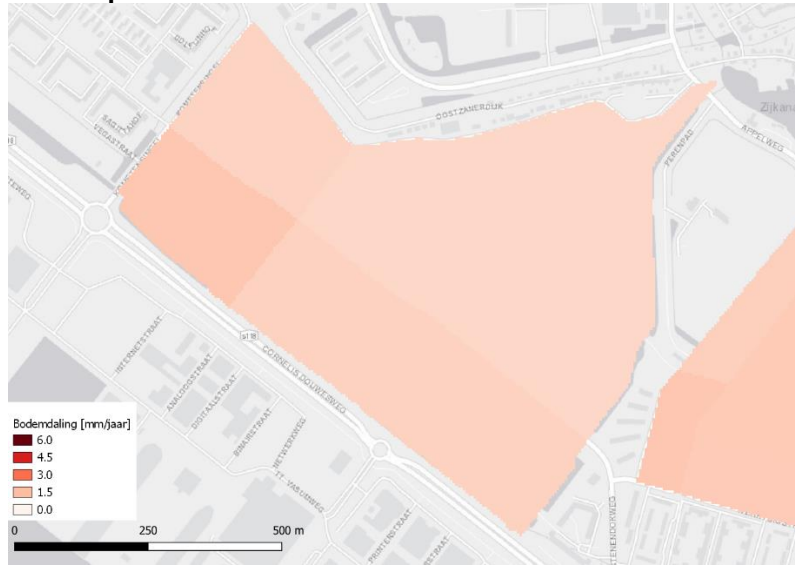


## Krulsloopplantsoen

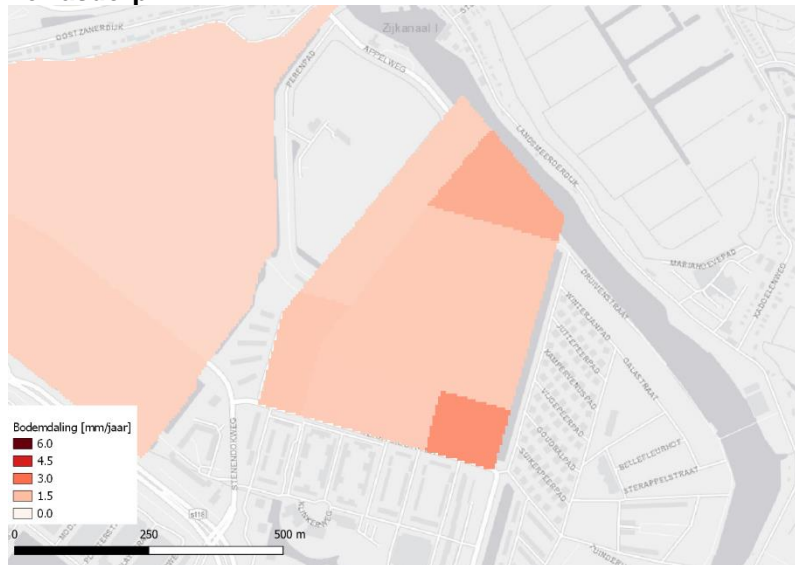


# B Bijlage: Bodemdalingskaarten

## Tuindorp Oostzaan Oost

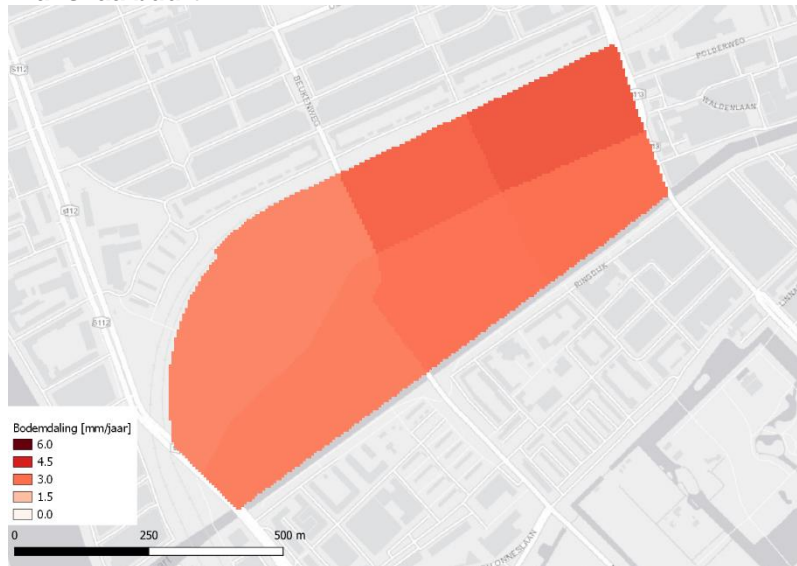


## Terrasdorp

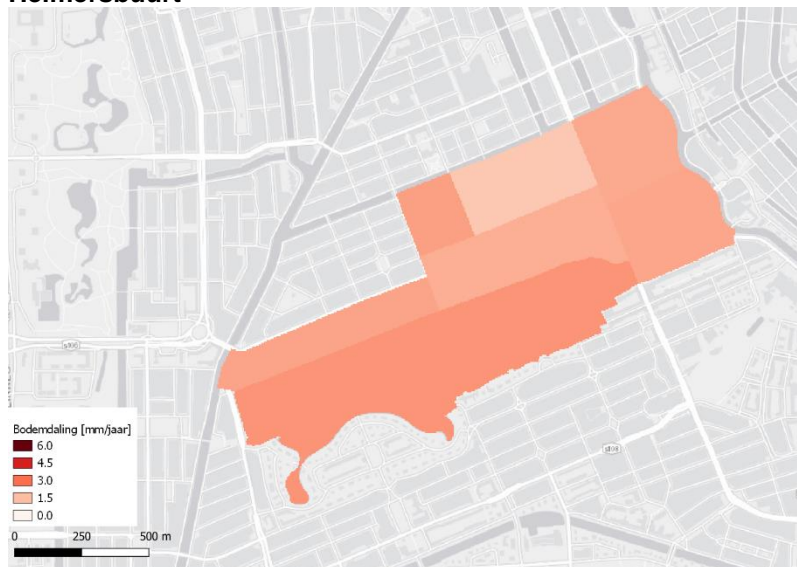




## Transvaalbuurt

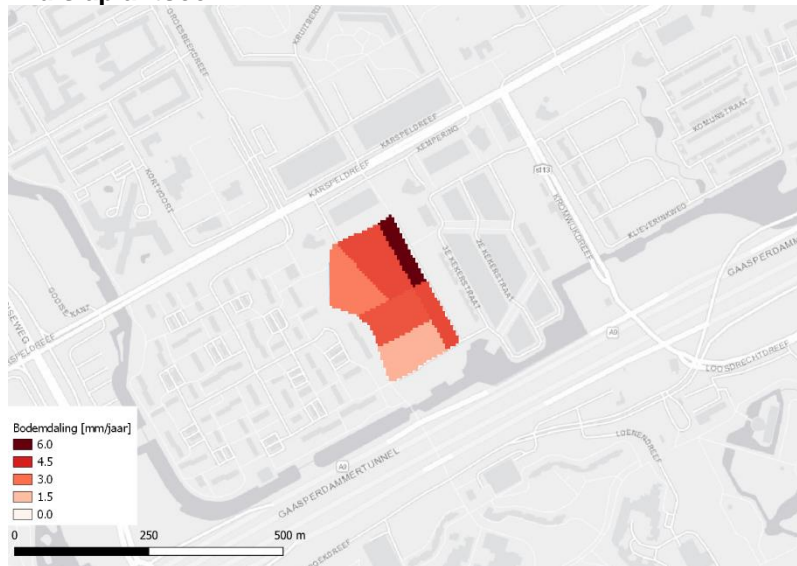


## Helmersbuurt





## Krulslaplantsoen



## C Bijlage: GHG ontwateringsdiepte per pilotgebied

De ontwateringsdieptekaarten in deze bijlage zijn berekend op basis van de GHG, en geven daarmee een indruk van de grondwateroverlast. De ontwateringsdieptekaarten op basis van GLG zijn in deze quick scan alleen gebruikt voor de funderingsrisicoanalyse, en zijn daarom hier niet weergegeven.

Voor alleen de Helmersbuurt is een grondwatermodel beschikbaar; voor de overige pilotgebieden is de ontwateringsdiepte bepaald op basis van geïnterpoleerde peilbuisdata. Het interpoleren van peilbuisdata geeft niet een zo nauwkeurig beeld als een grondwatermodel, maar is in het geval van deze quick scan voldoende om mee te rekenen. Vanwege de gedetailleerde maaiveldkaart komen er toch ruimtelijk gedifferentieerde kaarten uit.

Ontwateringsdiepteklassen

[m onder maaiveld]

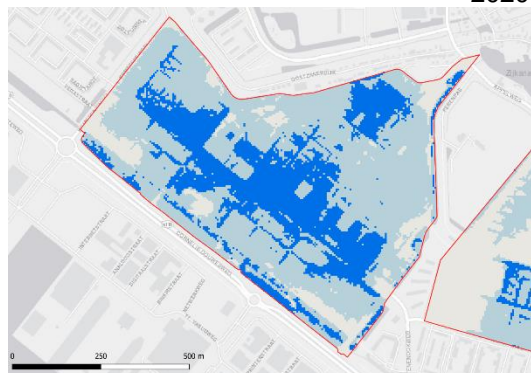
OD > 1

0.5 < OD < 1

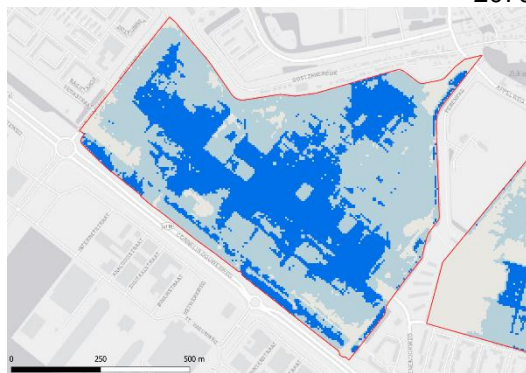
OD < 0.5

### Tuindorp Oostzaan Oost

2020



2070



### Terrasdorp

2020

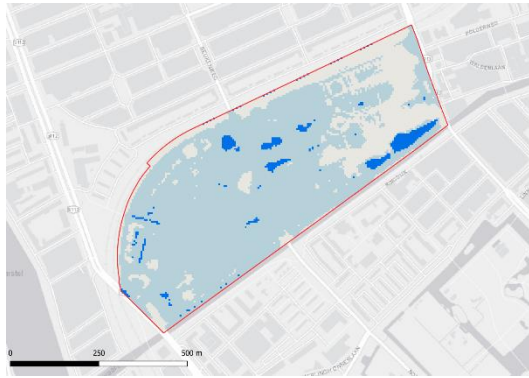


2070

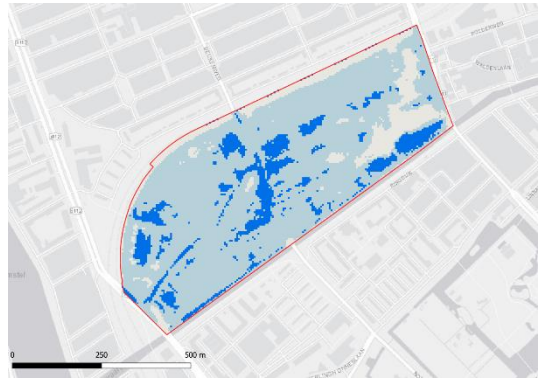


### Transvaalbuurt

2020

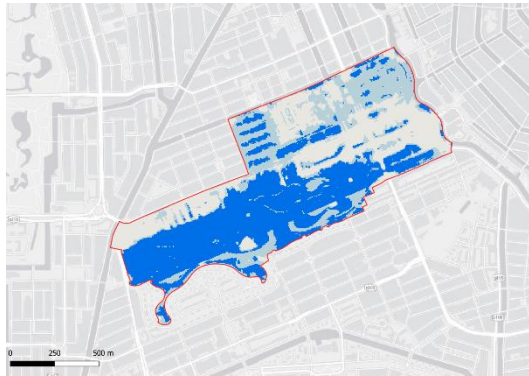


2070

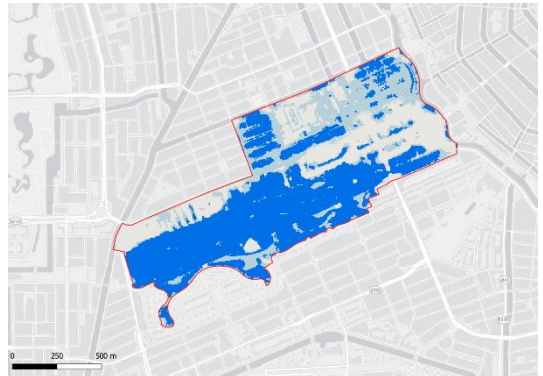


### Helmertsbuurt

2020



2070



### Krulsaplantsoen

2020



2070



## D Bijlage: Inventarisatie mogelijke technische oplossingen per buurt

Maatregel	Toelichting	Tuindorp Oostzaan Oost	Terrasdorp	Transvaalbuurt	Helmersbuurt	Kruislaplantsoen
<b>Maaiveld aanpassen</b>						
Tuinen ophogen	Bij vernattings schade			X	X	X
Adaptief ophogen	Alleen daar ophogen waar nodig, meer vernatting accepteren		X			X
Periodiek ophogen openbare ruimte	Bodemdaling accepteren en blijven ophogen.					
Afstroom verbeteren door maaiveldplooing	Afvoer van hemelwater naar oppervlaktewater, infiltratie- of bergingsvoorzieningen door ideaal maaiveldontwerp (straatprofielen en passende bouwpeilhoogtes die het water geleiden)	X	X	X		X
Waterbergingsvoorzieningen	Waterpleinen, holle straten, etc.	X	X	X	X	X
Infiltratievoorzieningen	Wadi's etc. aanleggen om water tijdelijk te bergen en te infiltreren. Drains meeleggen en opletten dat voldoende ontwateringsdiepte resteert!		(X)			X
<b>Gebouwen &amp; assets aanpassen</b>						
Natte vegetatie	Groen aanpassen op nat milieu	X	X	X	X	X
Kelder / souterrain / vloer waterdicht maken	Voorkomen van optrekkende vocht, schimmel, etc.	X	X	X	X	
Funderingsherstel		X	X	X	X	X
Funderen van assets	Riolen, wegen, etc. onderheien	X	X	X	X	X
Meer waterberging particulieren	Aanleg van cisternen, blauwe daken, etc. voor meer hemelwateropvang op particuliere percelen	X		X	X	
Sloop / nieuwbouw	Als laatste mogelijkheid	X				
<b>Drainage, infiltratie, riool</b>						
Drainage tuinen	Drainage door particulieren aan te leggen; drainagewater aan Waternet aanbieden op openbare ruimte (b.v. via leiding onder huis door).			X	X	X
Drainage parken	Drainagestelsel in park aanleggen, aansluiten op oppervlaktewater of HWA					X

Maatregel	Toelichting	Tuindorp Oostzaan Oost	Terrasdorp	Transvaalbuurt	Helmersbuurt	Kruislaaplantsoen
<b>Drainage straten</b>	Drainagestelsel onder straten aanleggen, aansluiten op oppervlaktewater of HWA		X	X	X	
<b>Gescheiden rioolstelsel</b>	Vuilwater- en hemelwaterriool scheiden; hemelwaterriool kan drainagewater ontvangen en naar het oppervlaktewater afvoeren; dit ontlast de rioolwaterzuivering en voorkomt overstorten van vuilwater op het oppervlaktewater tijdens buien	X		X	X	
<b>Riool afdichten</b>	Lekke riolen vervangen of afdichten om drainerende werking en resulterende grondwateronderlast te voorkomen				X	
<b>Flexibele ondergrondse infra</b>	B.v. huisaansluitingen riool flexibel uitvoeren		X	X	X	X
<b>Drainage en infiltratieleiding</b>	DIT-rioolstelsel (in straten) aanleggen, water aan- en -afvoer idealiter onder vrij verval (drainagepeil >= oppervlaktewaterpeil; infiltratiepeil <= oppervlaktewaterpeil); pompen voor infiltratie in principe ook mogelijk	X		X	X	
<b>Peilgestuurde drainage</b>	Drainage stelsel (in straten) met een instelbaar drainageniveau. Het laagste mogelijke niveau is het oppervlaktewaterpeil. Tijdens het voorjaar kan een hoger peil worden opgezet om meer grondwater voor de droge periode vast te houden, tijdens de winter wordt het peil weer verlaagd om gw-overlast te voorkomen.	X				
<b>Nieuwe watergang</b>	Voor betere ontwatering en gw-aanvulling tijdens zomer. Let op breedte/diepte i.v.m. opbarsten / kwel.			X		X
<b>Oppervlaktewaterpeil opzetten</b>	Verhogen van het oppervlaktewaterpeil om grondwaterstanden te verhogen; mogelijk in combinatie met DIT-riool om onder vrij verval te kunnen infiltreren	X				
<b>Oppervlaktewaterpeil verlagen</b>	Om grondwaterstanden te verlagen en een lager drainageniveau mogelijk te maken. Kan wel tot versnelde bodemdaling leiden, maar kan een goedkope oplossing voor gw-overlast zijn.	X				
<b>Infiltratie naar diepere gw-lagen</b>	Door perforatie van afsluitende lagen een verbinding tussen het freatisch gw en dieper gw maken om kunstmatig wegzijging te stimuleren (tegen grondwateroverlast). Dit moet wel controleerbaar en reverseerbaar zijn, b.v. m.b.v. afsluitbare infiltratieputten.			X		

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

**Deltares**

[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)