

Risico-bepaling ondiep gefundeerde bebouwing

Aanpak op basis van vijf buurten in vijf gemeenten

Status: definitief

Datum: juli 2024



ADAPTATIE-
ADVIES B.V.

Inhoud

1.	Aanleiding	3
	Doel en opzet van het onderzoek	3
	Wat zijn risico's?	3
	Beschikbare data	4
	Expertisebijeenkomst	4
	Leeswijzer	4
2.	Afstand grondwater tot de onderzijde van de vloer	5
	Bepalen niveau van de onderzijde vloer	5
	Bepaling drempelniveau van het gebouw	6
	Bepalen van het grondwaterniveau	7
	Doorkijk naar de toekomst	9
	Gemaakte kaarten	10
3.	Hoogteligging t.o.v. de waterdiepte bij diverse buien	11
	Bepalen drempelniveau van het gebouw	11
	Bepalen waterhoogte bij neerslagsituaties	11
	Doorkijk naar de toekomst	12
	Gemaakte kaarten	13
4.	Ongelijke zakking binnen bouwkundige eenheden	14
	Bepalen ongelijke zakkingen per bouwkundige eenheid	14
	Doorkijk naar de toekomst	15
	Gemaakte kaarten	15
5.	Conclusies en aanbevelingen	16
	Conclusies	16
	Aanbevelingen	17
	Vervolg	18

1. Aanleiding

In Nederland kennen we verschillende bodemtypen. Op deze bodems zijn onze steden en dorpen gebouwd. Waar de grond stevig genoeg is voor het gebouw is er in het verleden voor een fundering zonder palen gekozen. Een ondiepe fundering van enkele decimeters is dan veelal voldoende om een gebouw neer te zetten. Het bouwen met een ondiepe fundering is financieel aantrekkelijk en verkort de bouwtijd. Alleen is er ook gebouwd in gebieden waar achteraf toch sprake was van pandzakking. Een bodemdaling of pandzakking van enkele millimeters per jaar is verwaarloosbaar klein en niet met het blote oog waar te nemen. Maar na een periode van vijftig tot honderdvijftig jaar gaat het toch over decimeters tot een kleine meter daling of zakking. Wat betekent dit voor de huidige en toekomstige kwetsbaarheid en risico's van zo'n pand? In dit onderzoek is een aanpak ontwikkeld om de urgentie nu en in de toekomst in beeld te brengen. Het onderzoek is gefinancierd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) en gezamenlijk met vijf gemeenten – op vijf plekken - getest. In het onderliggende document is de aanpak verwoord.

Doel en opzet van het onderzoek

Geprobeerd is een aanpak te ontwikkelen om met geringe inspanning tot een zo betrouwbaar mogelijk inzicht te komen. Daarbij is de beschikbaarheid van diverse data bepalend voor de mate van betrouwbaarheid. Het doel van de aanpak is om inzicht in de risico's en urgentie van bebouwing te krijgen die te maken hebben met pandzakking.

In dit document is alleen beschreven wat de aanpak is. De resultaten van de vijf locaties die geanalyseerd zijn, zijn beschikbaar gesteld aan de desbetreffende gemeenten. Er is vanwege de gevoeligheid gekozen om geen resultaten op te nemen van de betreffende gebieden.

Wat zijn risico's?

Als het gaat om bebouwing die zakt zijn er verschillende situaties die mogelijk risico's kunnen opleveren. In dit onderzoek zijn drie risico's beschouwd. Deze risico's zijn:

A| Afstand grondwater tot het gebouw

- Mogelijk gevolg: vochtige vloeren en muren en, of aantasting constructie

B| Hoogteligging ten opzichte van de omgeving

- Mogelijk gevolg: kans op water in het pand bij (hevige) neerslag

C| Ongelijkmatige zakking binnen bouwkundige eenheden

- Mogelijk gevolg: schade aan de bebouwing en, of constructie

Beschikbare data

Om de risico's te bepalen zijn er verschillende databronnen te gebruiken. Op nationaal niveau is er allerlei data beschikbaar. Veelal is deze data redelijk grof en generiek. De betrouwbaarheid is veelal kleiner dan regionaal, gemeentelijk of locatie-specifiek ingewonnen data. In het onderzoek zijn ook de verschillende databronnen vergeleken die voor handen zijn. Het geeft – voor deze vijf locaties – een indicatie wat de verschillende databronnen aan (betrouwbare) informatie geven.

Expertisebijeenkomst

Gedurende het proces is er een moment geweest waarbij de aanpak is gedeeld met zes deskundige. Tijdens deze bijeenkomst zijn uitgangspunten, aannames en categorieën doorgenomen en aangescherpt.

Leeswijzer

In de eerste drie hoofdstukken volgt de wijze waarop de betreffende risico's in beeld zijn gebracht. Waar mogelijk zijn verschillende databronnen met elkaar vergeleken. In het laatste hoofdstuk volgen de conclusies en aanbevelingen.

2. Afstand grondwater tot de onderzijde van de vloer

Het niveau van het grondwater is bij gebouwen een punt van aandacht. Grondwater dat aan de onderzijde van een fundering staat – het diepste niveau van de constructie – geeft veelal geen problemen. Als het niveau van het grondwater zo hoog is dat het (structureel) in de kruipruimte staat is er kans op vochtproblemen in het pand en aantasting van de vloer. Als het grondwater kort onder de vloer van het gebouw staat zijn vochtige muren en vloeren, muffe ruimtes en aantasting van houten en gemetselde constructiedelen haast onvermijdelijk. Om tot een beoordeling te komen van de urgentie hiervan, is de volgende klasseindeling aangehouden:

Klasseindeling afstand grondwater tot drempelniveau/ dorpelniveau* van gebouw:

- I > 0,90 m
- II 0,70 m – 0,90 m
- III 0,50 m – 0,70 m
- IV 0,25 – 0,50 m
- V < 0,25 m

** Bij een van de vijf projecten was er beperkt archiefonderzoek aanwezig, bij de andere projecten was dit niet beschikbaar of is niet gekozen om dit uit te voeren. Het drempelniveau van het gebouw is het referentieniveau. In situaties waar de onderzijde van de vloer wél beschikbaar is zijn alle waarden zoals vermeld 0,25 meter lager. Categorie V begint dan bij < 0,00 m en categorie IV is dan 0,00 – 0,25 m enz.*

Bij categorie I bevindt het grondwater zich naar verwachting dieper dan of rond het funderingsniveau. Er zijn dan geen risico's te verwachten. Bij categorie II is het grondwaterniveau rond het funderingsniveau. Als er sprake is van een kruipruimte is er sprake van een vochtige bodem of een klein laagje water in de kruipruimte. Hierbij is het gehanteerde uitgangspunt dat de kruipruimte circa 50 centimeter lager ligt dan de onderzijde van de vloerconstructie. Strengere vorst kan een klein risico geven. Bij categorie III staat het grondwater tot halverwege een aanwezige kruipruimte. Er is kans op opvriezen en bij een minder goede ventilatie kans op optrekkend vocht en aantasting van houten constructiedelen. Bij categorie IV staat het grondwater bijna tot aan de houten vloerdelen en balken. Vocht- en constructieschade neemt hierbij toe. Bij categorie V staan de houten vloerdelen en balken in het grondwater met een grote kans op vocht- en constructieschade.

Om de afstand van het grondwater tot de onderzijde van de vloer te bepalen zijn er twee gegevens essentieel:

- Het niveau van de onderzijde van de vloer
- Het niveau van het grondwater

Om deze niveaus te bepalen, zijn er verschillende databronnen te gebruiken. In onderstaande paragrafen is dit nader beschreven.

Bepalen niveau van de onderzijde vloer

Locatieopname – niveau en dikte vloer meten

Het niveau van de onderzijde van de vloer is op verschillende manieren te bepalen. De meest betrouwbare manier is een ingemeten vloerniveau in meter ten opzichte van NAP en met een

inspectie van de kruipruimte om de dikte van de vloer meten. Als deze informatie niet beschikbaar vraagt dit om een andere aanpak om achter de benodigde informatie te komen.

Bouwtekeningen – dikte vloer en afstand vloer en drempel gebouw

Archiefonderzoek kan duidelijkheid geven over de dikte van de vloer. In een tekening van de doorsnede van het gebouw is het mogelijk een dikte van de vloer af te lezen. Daarnaast is het handig om ook de afstand van de (bovenkant van de) vloer tot de bovenzijde van de drempel van het gebouw te weten. Dit om een vertaling te maken van de niveaus bij aanleg naar een huidige NAP-maat.

Aanname voor de dikte van de vloer en afstand tot de drempel

Het is mogelijk om voor het bepalen van het niveau van de onderzijde van de vloer een aanname te doen. Als er geen betere gegevens zijn, is het goed om onderstaande aannames te doen:

- Niveau drempel is 5 centimeter boven vloerpeil
- Dikte vloer en vloerbalken is 20 centimeter

In deze aanname ligt de onderzijde van de vloerconstructie 25 centimeter onder het niveau van de drempel van het gebouw. Dit betekent dat als er een niveau van de drempel bekend is, er ook een vertaling mogelijk is naar het niveau van de onderzijde van de vloer.

NB: in één van de beschouwde buurten is bekend dat er woningen zijn waar je bij binnenkomst nog een stapje naar beneden maakt. Hier ligt de vloer één tot enkele decimeters lager dan het drempelniveau van de woning.

Bepaling drempelniveau van het gebouw

In de situatie waarbij je werkt met een afgeleide van het drempelniveau om de onderzijde van het vloerpeil te bepalen zijn er grofweg drie manieren om deze waarde te bepalen:

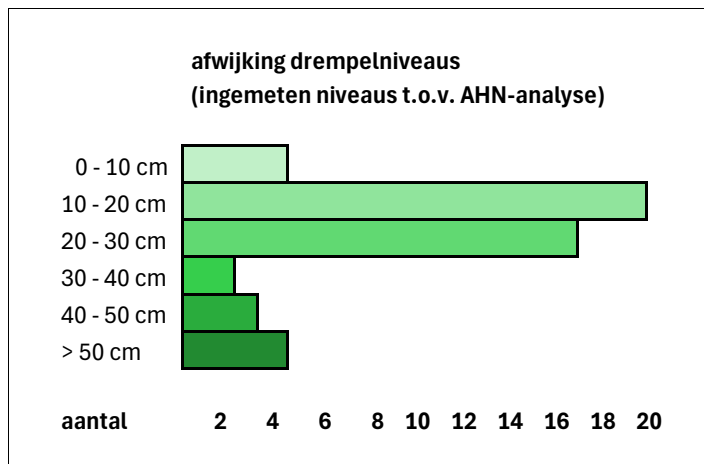
1. Inmeten van de drempel van het gebouw
2. Beelden Cyclomedia met behulp van AHN omzetten naar drempelniveau
3. Op basis van AHN 3 of AHN 4 gemiddelde niveau bij de deur bepalen

De eerste wijze van bepalen van het drempelniveau is verreweg het meest betrouwbaar. Bij één van de vijf buurten was er een ingemeten hoogte beschikbaar om te gebruiken.

Een andere wijze is om beelden van Cyclomedia te combineren met de AHN. Technisch is het mogelijk om dan enigszins betrouwbare data te genereren. Echter vanuit de gestelde gebruikersvoorwaarde was dit bij geen van de locaties mogelijk.

Een derde wijze om het drempelniveau te bepalen is de AHN. Door het maaiveld voor de voordeur te bepalen ontstaat er een waarde. Hier is standaard 5 centimeter bij opgeteld om tot een hoogtemaat voor de drempel te komen. Deze 5 centimeter is zeker niet overal aanwezig; soms zelfs een afstapje. Een veldbezoek kan meer zekerheid geven over het drempelniveau ten opzichte van het maaiveld voor de deur.

Op één locatie was er informatie van 48 ingemeten drempels. Deze drempels zijn vergeleken met de gebruikte analyse van de AHN data + 5 centimeter drempelniveau. Resultaat is dat alle ingemeten drempelniveaus hoger liggen dan de AHN-analyse. Hierbij moet opgemerkt worden dat de woningen veelal vrijstaand zijn of twee-onder-een kap. Ook hebben de woningen een voortuin en vele een overstek bij de voordeur. De grootste afwijkingen van de resultaten zijn nader beschouwd. In deze gevallen was er voor de voordeur een trapje naar de woning aanwezig of was er een verhoogde entree onder een overstek. Door op locatie te kijken kunnen correcties opgenomen worden wat de betrouwbaarheid vergroot.



De figuur hiernaast geeft de verschillen in ingemeten en geanalyseerde drempelniveaus bij één locatie. Het betreft 48 metingen. De uitkomst laat zien dat de AHN-analyse + 5 centimeter drempelniveau structureel een te lage waarde geeft ten opzichte van de ingemeten drempelniveaus (hogere waarde). Op basis van een veldbezoek zijn de grootste verschillen verklaarbaar. Opgemerkt worden dat de ingemeten data zo'n 10 jaar ouder is dan de waarde vanuit de AHN.

Bepalen van het grondwaterniveau

Het bepalen van 'het' grondwaterniveau als vaste waarde is niet mogelijk. Grondwater fluctueert in de tijd. In natte perioden en hevige regenval staat de grondwaterstand veelal hoger dan in perioden waarin er weinig regen valt. Grondwater stroomt af naar oppervlaktewater en verdampt middels bomen en struiken. Idealiter bepalen we een 'gemiddelde' grondwaterstand, een niveau dat gedurende het jaar voorkomt. En een 'hoge' grondwaterstand, een niveau wat gedurende een korte periode in het jaar of na bepaalde gebeurtenissen optreedt.

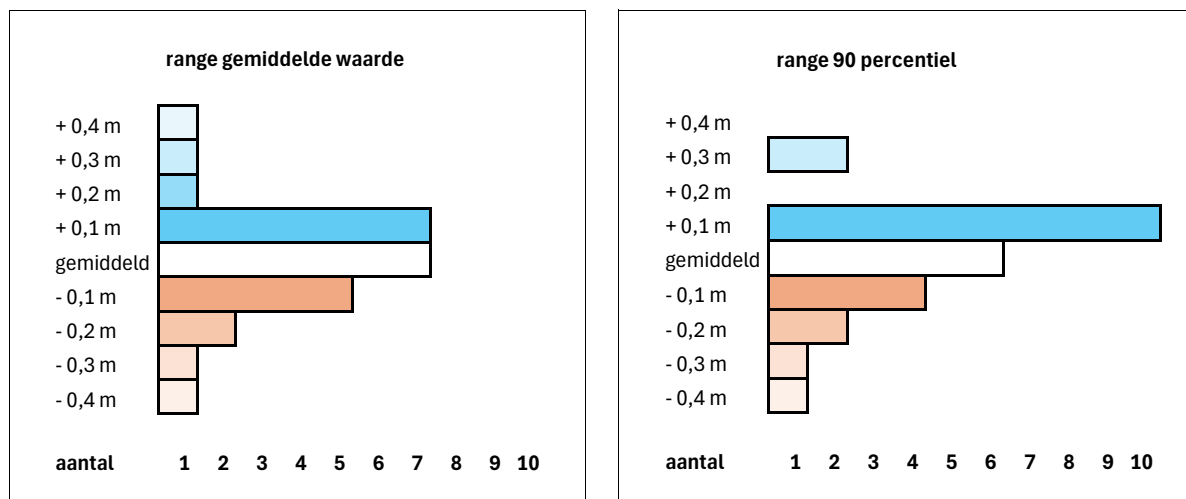
Locatieopname – lokaal grondwatermeetnet

De meest betrouwbare manier om de grondwaterstand in beeld te brengen is door gebruik te maken van een grondwatermeetnet. Bij voorkeur een meetnet dat over een periode van enkele jaren metingen doet met een relatief grote dichtheid. Meerdere meetpunten in een buurt is hierbij van belang. In de vijf buurten bleek er één locatie met 28 meetpunten voor 55.000 m² (acht straten). Drie van de vier andere buurten hadden veelal één meetpunt in de buurt staan. Op één locatie was geen grondwatermeetnet beschikbaar.

Van de grondwatermetingen is de gemiddelde grondwaterstand bepaald en het 90 percentiel. Het 90 percentiel betekent een grondwaterstand waarbij 90% van de metingen lager is dan deze waarde en 10% van de metingen hoger is dan deze waarde. Het verschil tussen de gemiddelde grondwaterstand en de 90 percentiel varieert in de onderzochte locaties tussen 0,05 meter en 0,20 meter.

In bepaalde situaties zijn er grondwateranalyses uitgevoerd en grondwatermodellen gemaakt. Als deze informatie beschikbaar en betrouwbaar is, is dit ook een bron om de

grondwaterstanden te bepalen. Veelal zijn de analyses en modellen gebaseerd op grondwatermeetnetten.



Bovenstaande figuren geven de verschillen tussen 26 gemeten grondwaterstanden in eenzelfde buurt. De afstand tussen de metingen is maximaal 400 meter. De verschillen tussen de waarden voor de gemiddelde grondwaterstand zijn 0,8 meter en voor het 90 percentiel 0,7 m. Opgemerkt moet worden dat er langs één zijde van het gebied een verhoogd maaiveld is en dat er een scheiding van peilgebieden in de omgeving is. Het laat zien dat één grondwatermeetpunt maar beperkt representatief kan zijn voor een buurt.

Vastgesteld waterpeil uit peilbesluit

Veel gebieden hebben een vastgesteld waterpeil. Dit waterpeil wordt door het waterschap op niveau gehouden. De grondwaterstand wordt sterk beïnvloed door het niveau van het oppervlaktewater. Met name als objecten relatief dicht bij open water liggen, is het waterpeil een goede indicator. Als afstanden tot open water groter worden, meerdere peilgebieden in de omgeving aanwezig zijn en, of hoogteverschillen voorkomen dan is de waarde minder betrouwbaar. Ook de bodemopbouw, grondwaterstanden in diepere bodemlagen en al dan niet aangebrachte drainerende voorzieningen bepalen de grondwaterstand. Met de keuze van het waterpeil is met al deze aspecten geen rekening gehouden.

Voor één locatie is het peilbesluit aangehouden als basis voor de analyse. In dit geval is er alleen een 'gemiddeld grondwaterniveau' bepaald.

locatie	Niveau grondwater [meter t.o.v. NAP]				Verschil peilbesluit en grondwater [meter]		
	Peilbesluit	Gemiddelde	90 percentiel	Watermodel (GHG)	Gemiddelde	90 percentiel	Watermodel (GHG)
	[meter t.o.v. NAP]						
1	-2,00	-1,71	-1,60		0,29	0,40	
2	-2,39	-2,16	-1,97		0,23	0,42	
3	-0,45						
4A ⁽¹⁾	-1,85	-1,83	-1,64		0,02	0,21	
4B ⁽¹⁾	-2,18	-1,85	-1,65		0,33	0,53	
5A ⁽¹⁾	-2,10	-2,10	-1,88	-1,88	0,00	0,22	0,22
5B ⁽¹⁾	-1,00	-1,95	-1,72	-1,21	-0,95	-0,72	-0,21

(1) Deze projectgebieden liggen in twee peilgebieden. Per peilgebied is de gemiddelde grondwaterstand afgezet tegenover het peilbesluit.

Bovenstaande tabel laat zien dat de gemiddelde waarde van de grondwaterstand nabij het niveau van het oppervlaktewater ligt tot ruim 30 centimeter er boven. Daar waar de gemiddelde

waarde sterk afwijkt – bijna een meter – komt dit door de overgang van een boezemsysteem naar een poldersysteem. Over een relatief korte afstand verschilt het waterpeil meer dan een meter. De 90-percentiel ligt in te beschouwde projectlocaties veelal 10 tot 20 centimeter hoger van de gemiddelde grondwaterstand. Eén gemeente heeft ook data uit een grondwatermodel aangeleverd. In het ene peilgebied komen de waarden – 90-percentiel vanuit de peilbuis en GHG uit het model – goed overeen. In het andere peilgebied, de overgang tussen boezempeil en polderpeil, zit een afwijking van zo’n halve meter.

Nationaal grondwatermodel en kaarten grondwatertrappen

Het bepalen van de grondwaterstanden met het landelijk grondwatermodel en de kaarten met grondwatertrappen wordt afgeraden. Deze data is grof en de waterhuishouding in het stedelijk gebied is van veel aspecten afhankelijk die bij deze bronnen niet zijn meegenomen.

Doorkijk naar de toekomst

Op basis van het niveau van de onderkant van de vloer en de grondwaterstanden kunnen kaarten worden gemaakt met resultaten per pand. Twee kaarten zijn mogelijk op het moment dat er een grondwatermeetnet met grondwaterstanden aanwezig is, dat ook inzicht geeft in een hoge grondwaterstand. Of minimaal één kaart, op basis van het peilbesluit, wanneer er geen grondwatermeetnet beschikbaar is.

De kaarten geven inzicht in de classificaties van de panden voor de huidige situatie. Maar ook een doorkijk naar de toekomst is gewenst. Om dit te kunnen doen zijn er twee inschattingen nodig. Enerzijds de mate waarin het pand zakt en anderzijds het toekomstig niveau van het grondwater onder het gebouw. Het is een keuze om te bepalen wat de situatie in een bepaald jaar is, bijvoorbeeld 2050 of 2080. Een andere wijze van benadering is het bepalen hoe lang het duurt voordat een pand in een bepaald categorie terecht komt.

Pandzakking op basis van satellietdata

Verschillende overheden en bedrijven beschikken over satellietdata die de daling van panden in beeld brengen. Dit is een datareeks van enkele jaren met daarin tientallen meetmomenten. Uit deze data is een gemiddelde pandzakking per jaar te bepalen. Door het uitgangspunt te hanteren dat de huidige snelheid van pandzakking zich in de toekomst lineair doorzet is te bepalen hoeveel lager het pand ligt over 10, 25 en 50 jaar.

Pandzakking op basis van bodemdalingskaarten

Voor heel Nederland zijn bodemdalingskaarten beschikbaar. Hierin staat de opgetreden bodemdaling van straten. Deze informatie is met satellietdata bepaald. Opgemerkt moet worden dat bodemdaling niet één op één overeenkomt met pandzakking. Veelal is de pandzakking minder dan de bodemdaling.

Pandzakking op basis van metingen en AHN3 & AHN4

Het is mogelijk dat het niveau van panden/ drempels lokaal periodiek wordt gemeten. Deze informatie is, afhankelijk van het aantal metingen, goed toepasbaar om een voorspelling te doen richting de toekomst. Een mogelijkheid om de pandzakking te verkrijgen is door het Algemeen hoogtebestand Nederland (AHN) 3 en 4 met elkaar te vergelijken. De data van AHN 3 is ingewonnen tussen 2014 en 2019. Die van AHN tussen 2020 en 2022. Op de site van de AHN staan kaarten die aangeven wanneer welke informatie is ingewonnen. Het resultaat geeft een verschil in pandhoogte tussen enkele jaren. Aandachtspunt is dat twee metingen erg minimaal zijn om tot een betrouwbare pandzakking voor de toekomst te komen.

Toekomstige grondwaterstand; verschillende mogelijkheden

Naar de toekomst toe is de verwachting dat door klimaatverandering de natte perioden langer gaan duren. En dat de neerslag in deze maanden toeneemt. En tegelijkertijd dat perioden van (langdurige) droogte toenemen. Wat betekent dit dan voor de grondwaterstanden?

Zeer waarschijnlijk zal de gemiddelde grondwaterstand redelijk constant blijven. Voorwaarde is daarbij wel dat de waterbeheerders de oppervlaktewaterpeilen niet drastisch veranderen in de directe omgeving. Voor de maximale grondwaterstand zijn de verwachtingen dat – zonder aanvullende maatregelen – deze hoger wordt. Uit de expertisebijeenkomst kwam naar voren dat een verhoging tot 20 centimeter rond 2050 – op basis van KNMI'23-klimaatscenario's – niet onwaarschijnlijk is. Dit is ook het getal wat in het onderzoek aangehouden is.

Er zijn echter vele parameters die de grondwaterstand beïnvloeden waardoor locatie specifiek de verhoging (fors) hoger tot nagenoeg nul is. Ook zijn er gemeenten die aangeven structureel drainage aan te leggen in de openbare ruimte om (te) hoge maximale grondwaterstanden te voorkomen. De te kiezen waarden is sterk afhankelijk van de locatie, (nog) te nemen maatregelen en de ontwikkeling van het klimaat. Ook kan het onderhoud en vernieuwing van het riool en de inrichting van het maaiveld van invloed zijn.

Gemaakte kaarten

Er zijn vele kaarten te maken door allerlei gegevens met elkaar te combineren. Met name voor de doorkijk naar de toekomst zijn er legio combinaties in de tijd te maken. Voor het onderzoek zijn de volgende kaarten opgeleverd met de categorieën van begin van het hoofdstuk:

- Huidige situatie met gemiddelde grondwaterstanden (of op basis van het peilbesluit wanneer geen grondwatermeetnet beschikbaar was)
- Huidige situatie met hoge grondwaterstanden
- Situatie 2050 op basis van de hoge grondwaterstand + 20 cm & pandzakking

De resultaten (categorieën) worden gepresenteerd op het niveau van het individuele pand.

3. Hoogteligging t.o.v. de waterdiepte bij diverse buien

De hoogteligging van bebouwing ten opzichte van de omgeving bepaalt onder andere de kwetsbaarheid voor wateroverlast. Met name in gebieden waar deels pandzakking is en andere panden en de buitenruimte niet wegzakken (of periodiek worden opgehoogd in het gevolg van de openbare ruimte). Waar in het verleden niveaus van drempels en maaiveld gelijk lagen is er een kans dat niveaus van ondiep gefundeerde panden na enkele decennia centimeters tot decimeters lager liggen. Bij hevige neerslag kan dit betekenen dat er water in het gebouw komt.

In het onderzoek rekenen we door wat de effecten zijn van neerslag bij vijf buien. Hier hoort de volgende klasse-indeling bij:

- 0 bij geen enkele bui waterstanden hoger dan drempelniveau
- I bij 1 bui een waterstand hoger dan drempelniveau
- II bij 2 buien een waterstanden hoger dan drempelniveau
- III bij 3 buien een waterstanden hoger dan drempelniveau
- IV bij 4 buien een waterstanden hoger dan drempelniveau
- V bij 5 buien een waterstanden hoger dan drempelniveau

Om tot een resultaat te komen zijn twee kenmerken van belang. De drempel van het gebouw en de optredende waterstand bij de (voor)deur. Hierbij beseffend dat ook op andere manieren water het gebouw in kan.

Er zijn voor deze analyse vijf buien gebruikt. Van twee buien zijn op nationaal niveau de resultaten beschikbaar in de klimaateffectlas. De effecten van de andere drie buien zijn specifiek voor deze opdracht met een GIS-analyse bepaald. De betreffende buien vertegenwoordigen geen herhalingstijden maar geven een indicatie binnen een gebied – en als vergelijking tussen gebieden – welke panden het grootste risico hebben op wateroverlast met de gehanteerde uitgangspunten.

Bepalen drempelniveau van het gebouw

Voor een beschrijving zie pagina 6

Bepalen waterhoogte bij neerslagsituaties

Waterhoogte uit klimaateffectatlas – 70 mm in 2 uur en 140 mm in 2 uur

In de klimaateffectatlas zijn voor heel Nederland de waterdiepte te vinden van een bui van 70 mm en 140 mm in 2 uur. Deze buien hebben, op basis van de aangehouden KNMI'14 klimaatscenario's, een herhalingstijd van 1x per 100 jaar en 1x per 1.000 jaar. Qua hoogtemodel is AHN 2 de basis (ingemeten tussen 2007 en 2012). In de berekeningen is rekening gehouden met een rioolbergings- en afvoercapaciteit van 20 mm per uur. Een ander uitgangspunt is dat er geen wateroverlast optreedt vanuit het oppervlaktewatersysteem. Als er neerslag naar het oppervlaktewater stroomt heeft dit oppervlaktewater een 'onbeperkte bergingscapaciteit'.

Waterhoogte op basis van maaiveldniveau – 20 mm, 40 mm en 60 mm

Voor drie situaties met neerslag – 20, 40 en 60 mm – is bepaald hoe hoog het water in de buitenruimte komt. Dit is gedaan door de oppervlakte van het peilgebied te nemen van de te beschouwen locatie. Vervolgens is de oppervlakte vermenigvuldigd met de desbetreffende neerslag. Dit geeft een volume (m^3 water). Op basis van maaiveldniveaus en waterpeil is vervolgens bepaald waar de neerslag komt te staan als het uitgangspunt is dat de neerslag naar elk stukje maaiveld kan afstromen in het peilgebied én er geen aan- en afvoer van neerslag is (2D maaiveldmodel). Ook wordt er geen rekening gehouden met beschikbare berging in ondergrondse voorzieningen of riolering. Het resultaat is dat er een bepaald niveau berekend wordt dat nodig is om het watervolume in het peilgebied te bergen. Het niveau van de waterberging bij 20, 40 en 60 mm wordt – als er water tegen de gevel staat – vergeleken met het drempelniveau van het gebouw. Blijf het waterniveau onder de drempel dan is er geen water in het gebouw. Komt het erboven, dan wel.

De uitgangspunten van deze berekening zijn anders dan de berekeningen uit de klimaateffectatlas. Het kan zijn dat bij 40 mm of 60 mm neerslag er sprake is van een waterhoogte die hoger is dan de resultaten uit de klimaateffectatlas. Grootste verschil is dat bij de klimaateffectatlas er water kan ontstaan in hoger gelegen gebieden met kuilen in het maaiveld. Bij de berekeningen met de opvulling van het maaiveld ontstaat er in deze gebieden geen water. Beide situaties kunnen juist zijn. Een hoger gelegen wadi vult zich in de praktijk inderdaad terwijl een laagte in de straat die op een kolk is aangesloten het water afvoert.

Voor één peilgebied is gekozen om een andere grens te hanteren voor het peilgebied. In deze situatie lag de te analyseren locatie in het boezemgebied. Dit is een heel groot en uitgestrekt peilgebied. Hierin is een bepaalde knip gemaakt.

Hydraulische berekening rioolsysteem eventueel in combinatie met oppervlaktewatersysteem

Een andere wijze om te bepalen of er risico is op water in het gebouw zijn rioleringsberekeningen. Door in een rioolmodel buien te simuleren is het mogelijk om te berekenen of de riolering de intensiteit van de neerslag aan kan. Als dit niet het geval is komt er water op straat te staan. Op basis hiervan is het mogelijk te beredeneren of het water ook bij het gebouw voor een verhoogde waterstand zorgt.

Daarnaast zijn er ook rioleringsmodellen die een koppeling hebben met de hoogtekaart. In deze gevallen is ook te bepalen waar het water op het maaiveld komt te staan en hoe hoog. Ook zijn er gemeenten (en waterschappen) die aan het rioolmodel ook het oppervlaktewatermodel hebben gevoegd. Op deze wijze is voor verschillende type buien (hevig en kort maar ook langdurig) te bepalen wat de risico's zijn waterniveaus die hoger zijn dan de drempelniveaus van naastgelegen bebouwing.

Doorkijk naar de toekomst

De kaarten geven inzicht in de classificaties van de panden voor de huidige situatie. Een doorkijk naar de toekomst is gewenst. Hierbij is alleen rekening gehouden met pandzakking. Er zijn geen nieuwe kaarten gemaakt voor de neerslag. 20 mm neerslag of 70 mm in 2 uur blijft nog steeds het uitgangspunt. Alleen de herhalingsjijd dat deze neerslag voorkomt neemt toe.

Voor de bepaling van de pandzakking is het een keuze om te bepalen wat de situatie in een bepaald jaar is, bijvoorbeeld 2050 of 2080. Een andere wijze van benadering is het bepalen hoe lang het duurt voordat een pand in een bepaalde categorie terecht komt. De bepaling van de toekomstige pandzakking is in het vorige hoofdstuk beschreven.

Deze doorkijk is een indicatie. Bij de bepaling van de wateroverlast is het niveau van het (toekomstig) maaiveld een grote onzekerheid. Enerzijds zakt het maaiveld ook in het gebied waardoor ook het volume aan waterberging op het maaiveld toeneemt. Aan de andere wordt veelal elke twintig tot dertig jaar het maaiveld van straten in een buurt opgehoogd wat ervoor zorgt dat de bergingscapaciteit op straat en in de buurten afneemt.

Gemaakte kaarten

Het resultaat zijn twee kaarten:

- Huidige situatie met de kans op wateroverlast
- Toekomstige situatie met de kans op wateroverlast

De resultaten (categorieën) worden gepresenteerd op het niveau van het individuele pand.

4. Ongelijke zakking binnen bouwkundige eenheden

Door de wijze van funderen is er een kans dat de panden zakken. Op zich geeft het zakken van panden in eenzelfde bouwkundige eenheid geen schade als alle panden gelijkmatig zakken. Er ontstaan risico's en, of schade als binnen een bouwkundige eenheid – bijvoorbeeld een rijtje woningen – verschillen ontstaan in pandzakking, de standaarddeviatie. Onderstaande klasse-indelling houden we aan voor de standaarddeviatie:

- I 0,00 - 0,10 m – de ongelijkmatige zakkingen zijn klein en de kans op schade is minimaal
- II 0,10 - 0,20 m – de zakkingen zijn beperkt. Incidentele schade is mogelijk
- III 0,20 - 0,30 m – de variatie in zakkingsnelheden is merkbaar, met bijbehorende schade
- IV 0,30 - 0,40 m – dit geeft een hoog risico op schade en structurele problemen
- V > 0,40 m – groot risico op structurele schade als gevolg van verschilzakkingen

Bepalen ongelijke zakkingen per bouwkundige eenheid

Ongelijke zakking op basis van satellietdata

De bepaling van de risico's is gebaseerd op beschikbare satellietdata op pandniveau. Met deze data is een zakkingsnelheid in mm per jaar beschikbaar. Daarmee kan over bouwkundige eenheden gekeken worden naar het onderlinge verschillen in zakking. Van een pand wordt een zakkingsnelheid per jaar bepaald (gemiddelde op basis van meerdere meetpunten). Daarna wordt de standaardafwijking bepaald binnen de bouwkundige eenheid (meer dan één pand). Een kleine standaardafwijking is een indicatie dat er weinig risico's zijn op ongelijke zakkingen en daarmee constructieschade. Hoe groter de standaardafwijking des te groter de risico's op schade.

Ongelijke zakking op basis van lintvoegmetingen

Een andere wijze om ongelijke zakkingen te bepalen is met lintvoegmetingen. Door bij panden een lintvoegmeting – horizontale meting van het metselwerk – uit te voeren is het mogelijk om bij aaneengesloten panden te bepalen of er sprake is van ongelijkmatige zetting. En afhankelijk van de resultaten een analyse te maken van zettingsverschillen tussen verschillende panden. In dit onderzoek is geen specifieke risicobepaling gedaan voor deze wijze van in beeld brengen van de zakking.

Aanvullend op de lintvoegmetingen is het ook mogelijk een schouw van de gevel te doen. Zichtbare vervormingen en scheurvorming zijn indicaties van constructieve schade.

Pandzakking op basis van de bodemdalingskaart

De openbare bodemdalingskaart geeft een algemeen overzicht over de zakkingsnelheden over een groot gebied. De resolutie is te grof om voor een bouwkundige eenheid te gebruiken. Door verder in te zoomen komt er informatie naar voren op puntniveau. Dit betreft zowel punten van het maaiveld als de gebouwen. Het aantal punten is vervolgens te beperkt om tot een goede analyse te komen.

Doorkijk naar de toekomst

Er is geen specifieke doorkijk naar de toekomst. De parameters die de pandzakking bepalen blijven naar verwachting, zonder grote veranderingen in de omgeving, gelijk.

Gemaakte kaarten

Het resultaat is één kaart:

- Risico ongelijke zakking binnen de bouwkundige eenheid

De resultaten (categorieën) worden gepresenteerd op het niveau van de bouwkundige eenheid.

5. Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

Het is goed mogelijk om met een relatief beperkte inspanning een globaal inzicht te krijgen in de risico's/ urgentie van ondiep gefundeerde gebouwen. De nauwkeurigheid van de gebruikte datasets is een punt van aandacht. Op het moment dat we alle gebruikte parameters onder elkaar zetten komen we tot het onderstaande oordeel.

Parameter	Betrouwbaarheid
Niveau van de vloer	
Inmeten vloerniveau en vloerdikte	99%
Bouwtekening	Vertaling naar NAP maat is nodig
Aanname van de vloerdikte	Bijzonderheden komen niet naar voren
Niveau van de drempel	
Inmeten drempelniveau	99%
Analyse AHN4 + 5 cm drempel	Bijzonderheden komen niet naar voren
Analyse AHN4 met veldbezoek	Correctie waarden op basis van veldbezoek
Niveau van het grondwater	
Lokaal grondwatermeetnet	Meerdere peilbuizen over meerdere jaren gemeten
Enkele peilbuis in de omgeving	Geeft een indicatie van gemiddelde en hoog niveau
Grondwatermodel	Goed te gebruiken afhankelijk van aantal peilbuizen
Peilbesluit	Te grof en algemeen. Ook geen hoog niveau te bepalen
Nationaal grondwatermodel	Niet gebruiken. Te grof voor stedelijk gebied
Waterhoogte bij neerslag	
Kaarten klimaateffectatlas	Indicatie van optredende waterhoogte
GIS analyse van het maaiveld	Indicatie van optredende waterhoogte
Rioleringsmodel (zonder maaiveld)	Water op straat vertalen naar waterhoogte bij woning
Rioleringsmodel (met maaiveld)	Nauwkeurig, maar alleen voor korte en hevige neerslag
Riool- en watermodel (met maaiveld)	Best beschikbare, maar met nog steeds veel aannames
Ongelijkmatige zettingen	
Lintvoegmetingen	Geeft voor de gevel weer wat heeft opgetreden
Satellietdata op pandniveau	Veel datapunten; meetniveau van het dak
Bodemdalingskaarten	Te grof grid om voor deze toepassing te gebruiken
Pandzakking toekomst	
Satellietdata op pandniveau	Best beschikbaar; voorspelling toekomst is complex
Bodemdalingskaarten	Geschikt als indicatie, keuze om correctie toe te passen
Meetdata van hoogtematen	Indicatie bij voldoende metingen en meetpunten

Dondergroen is de meest betrouwbare dataset, net iets minder betrouwbaar zijn de lichtgroene regels. De gele regels kunnen gebruikt worden waarbij er bewustzijn moet zijn dat de betrouwbaarheid beperkt is. Oranje is een indicatie en niet heel betrouwbaar en rood wordt afgeraden om te gebruiken. Alleen de eerste twee parameters, niveau van de vloer en niveau van de drempel, zijn met bijna 100% nauwkeurigheid te bepalen. Alle andere parameters hebben een bandbreedte qua betrouwbaarheid. In het presenteren van de resultaten moet goed duidelijk zijn dat het eindresultaat – een kaart – een quick-scan betreft welke een indicatie geeft van de risico's.

- Bij een overgang tussen twee peilgebieden met meerdere decimeters verschil is het complex om een goede grondwaterstand te bepalen. Zeker als er één peilbuis staat is het maar de vraag hoe representatief deze is. Bij de presentatie van resultaten is dit een punt van aandacht.
- De kaarten met water op maaiveld uit de klimaateffectatlas en de zelf gemaakte kaarten met 20, 40 en 60 mm neerslag liggen voor alle gebieden in elkaars verlengde. Dat wil zeggen dat de panden die bij de 60 mm kaarten water boven drempelniveau hebben, dit ook bij de 70 mm in 2 uur hebben.
- Voor de kaarten met de wateroverlast zijn nu vijf verschillende buien/ analyses gebruikt. Voor een lokale toepassing, om situaties te vergelijken, is dat niet erg. Mogelijk dat andere overheden andere buien/ modellen gebruiken voor de kwetsbaarheid. Dit maakt dat uitkomsten niet vergelijkbaar (kunnen) zijn.
- Het niveau van het maaiveld is een momentopname. In de tijd zal ook het maaiveld dalen en er meer waterberging op straatniveau mogelijk zijn. Echter is het ook zo dat elke twintig tot dertig jaar de straat wordt aangepakt waarbij het maaiveld veelal hoger komt te liggen. Ook het vervangen van riolering kan zorgen voor een andere grondwaterstand. Deze wordt na vervanging veelal hoger omdat het nieuwe riool waterdicht is. Ter compensatie zijn er locaties waar structureel drainage wordt aangelegd tijdens rioolvervanging om de fluctuaties in grondwaterstanden te dempen.

Aanbevelingen

Vanuit de uitgevoerde werkzaamheden zijn de volgende aanbevelingen goed om mee te geven.

Inhoudelijk

- Iets presenteren op een kaart is altijd mogelijk. In de huidige situatie is niet expliciet gemaakt in welke mate de resultaten nauwkeurig zijn (tabel bij conclusies). Bij een verdere uitwerking is dit nog een punt wat aandacht vraagt.
- Als de drempelpeilen met behulp van de AHN bepaald zijn dan is het essentieel om met een veldbezoek bijzonderheden in beeld brengen. Als blijkt dat drempels decimeters hoger of lager liggen dan is het nodig om deze waarden handmatig te corrigeren.
- Bij de overgang van peilgebieden met grote waterstandsverschillen – bijvoorbeeld bij de boezem richting de polder – is maatwerk gevraagd als het gaat om grondwaterniveaus. Hier kunnen dan mogelijk niet 1 op 1 de grondwaterstanden gebruikt worden die in de lager gemeten polder zijn bepaald.
- Voor het bepalen van de overlast bij neerslag zijn voor heel het land de 70 mm en 140 mm in 2 uur beschikbaar. De uitgangspunten van deze kaarten zorgen dat ze in een aantal situaties niet voor een representatief beeld zorgen. Op het moment dat er andere data wordt gebruikt dan zijn kaarten onderling niet vergelijkbaar. De kaart gaat namelijk uit van ‘aantal keer wateroverlast bij bepaalde buien’. Als er vervolgens zwaardere of lichtere buien worden

doorgerekend is vergelijken niet mogelijk. Beter zou zijn een categorie die de herhalingskans van water in de woning aangeeft. Bijvoorbeeld:

- 0 1x per 100 jaar
- I 1x per 25 jaar
- II 1x per 10 jaar
- III 1x per 5 jaar
- IV 1x per 2 jaar
- V 1x per 1 jaar

Complex hierbij is dat er geen eenduidigheid is welke neerslagsituatie welke schade geeft. In bepaalde gebieden zijn het de korte en hevige buien die voor een hoog waterpeil in de straat zorgen (beperkte afvoercapaciteit rioolsysteem). In andere gebieden kan een langere bui die niet heel intens is voor een hoog waterpeil zorgen (beperkt bergingscapaciteit rioolsysteem).

- Bij het maken van kaarten voor de toekomst kan er voor worden gekozen om een bepaalde datum aan te houden zoals 2050. Een andere methodiek is bepalen hoeveel jaar het duurt voordat een bepaalde kritische grens wordt bereikt. Dit is een andere presentatie van dezelfde kwetsbaarheid.
- Tot aan de toekomstige situatie (2050) is er mogelijk een reconstructie van de openbare ruimte of riolering voorzien. Het is daarbij een keuze om de effecten hiervan – zowel qua grondwaterstanden als maaiveldniveaus – wel of niet een plek te geven in de analyse.

Vervolg

Het zou goed zijn als ministeries, koepels en kennisorganisaties de aanpak omarmen en uitdragen. Mogelijk met inhoudelijke één of meerdere consultatieronde. Hoe hiermee om te gaan is afhankelijk van het doel. Is het om een ‘vergelijkbare kwetsbaarheid voor heel Nederland’ te ontwikkelen of om lokaal zo goed mogelijk aan te sluiten bij de praktijk.

Bovenstaande heeft ook te maken met hoe resultaten te presenteren. De resultaten van de vijf beschouwde gebieden zijn op pandniveau (2 analyses) en bouwblokniveau (1 analyse) beschikbaar. Mogelijk dat voor andere doelstellingen het presenteren van een kwetsbaarheid op straat- of buurniveau voldoende is.

Ook moet duidelijk zijn dat de resultaten van een quick-scan een bepaalde mate van (on)betrouwbaarheid heeft. En mogelijk dat voor bepaalde delen van Nederland, gemeenten of buurten te weinig informatie voor handen is om al de gewenste kaarten te maken/ kaarten te maken die voldoende betrouwbaar zijn. Op basis van het beoogde doel moet duidelijk zijn welke kaarten wel of niet te maken zijn op basis van beschikbare informatie.