



Bodeminformatiebehoefte voor de Metropoolregio Amsterdam

Bodeminformatie voor vraagstukken in en om de stad

Simone Verzandvoort, Dorothée van Tol-Leenders, Paul Römken, Gerben Mol, Erik van den Elsen

Bodeminformatiebehoefte voor de Metropoolregio Amsterdam

Bodeminformatie voor vraagstukken in en om de stad

Simone Verzandvoort, Dorothée van Tol-Leenders, Paul Römken, Gerben Mol, Erik van den Elsen

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van en gefinancierd door AMS Institute en Flevocampus (gemeente Almere), in het kader van het project 'Healthy Soils for the Amsterdam Metropole (HS4AMS)'.

Wageningen Environmental Research
Wageningen, Maart 2020

Gereviewd door:

René Rietra, senior onderzoeker Duurzaam Bodemgebruik (Wageningen Environmental Research)

Akkoord voor publicatie:

Mirjam Hack, teamleider van team Bodem, Water en Landgebruik

Rapport 2982
ISSN 1566-7197

Verzandvoort, S., D. Van Tol-Leenders, P. Römken, G. Mol, E. van den Elsen, 2020. *Bodeminformatiebehoefte voor de Metropoolregio Amsterdam; Bodeminformatie voor vraagstukken in en om de stad*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2982. 62 blz.; 17 fig.; 10 tab.; 63 ref.

De bodem in de stad heeft verschillende functies: gebouwen, kabels en leidingen dragen, leefruimte bieden aan stadsgroen, stadslandbouw en ecologische habitats, opvangen van verontreinigingen en neerslag. Een bodem die goed functioneert kan een aantal van deze functies tegelijkertijd uitvoeren.


De Metropoolregio Amsterdam is een intensief gebruikt stedelijk gebied. De leefomgeving in dit gebied heeft problemen die deels te maken hebben met het niet optimaal functioneren van de bodem. Voorbeelden zijn een afnemende kwaliteit van stadsgroen en parken, bodemdaling die schade toebrengt aan gebouwen, bruggen, kaden en wegen, en wateroverlast na hevige regenbuien.

Overheden en grondeigenaren hebben informatie nodig over kenmerken van de bodem die aangeven hoe deze functioneert voor verschillende doeleinden. Deze informatiebehoefte wordt versterkt door de noodzaak om steden aan te passen aan klimaatverandering en door een toenemende vraag naar de mogelijkheid om lokaal voedselgewassen te kunnen telen in en nabij de stad. Om de informatiebehoefte in beeld te brengen, werden interviews gehouden met medewerkers van beheersorganisaties van gebouwen, infrastructurele werken en stadsgroen en met grondeigenaren in Amsterdam en Almere. De respondenten noemden ruim zestig vraagstukken en vijftig kenmerken gerelateerd aan de bodem die relevant waren voor hun werk.

Het in dit rapport gepresenteerde werk is onderdeel van het project 'Healthy Soils for the Amsterdam Metropole (HS4AMS)'. Doel van dit project is om een flexibel systeem van meetbare bodemkenmerken te ontwikkelen om te beoordelen of bodems in de stad geschikt zijn voor verschillende soorten gebruik (bijvoorbeeld als park, stadsgroen of voedseltuin). Het systeem is ook bedoeld om advies voor maatregelen te geven specifiek voor het gewenste bodemgebruik, op basis van de gemeten bodemkenmerken. Het HS4AMS-project is een opdracht van de Flevocampus (gemeente Almere) en het AMS Institute (looptijd 2018-2021) en wordt uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en Aeres Hogeschool.

Trefwoorden: bodemfunctie, stedelijk gebied, bodeminformatie

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/513443> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

 2020 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001. Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 2982 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Voedseltuin op voormalig parkeerterrein in Amsterdam-Noord van Stichting Urbaniahoeve. Foto: S. Verzandvoort

Inhoud

	Verantwoording	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
2	Methoden en materiaal	11
	2.1 Literatuurstudie	11
	2.2 Interviews	11
	2.3 Metropoolregio Amsterdam	11
3	Resultaten van het literatuuronderzoek	15
	3.1 Inleiding	15
	3.2 Voedselproductie en drager voor groenvoorzieningen	16
	3.3 Waterberging en -afvoer	20
	3.4 Klimaatregulering	23
	3.5 Habitat voor biodiversiteit	24
	3.6 Drager van gebouwen en infrastructuur	26
	3.7 Buffer voor vervuilende stoffen	28
	3.8 Archief van cultureel erfgoed	30
	3.9 Drager voor recreatielandschappen	32
4	Resultaten van de interviews: vraagstukken	34
	4.1 Schade aan civieltechnische werken, draagkracht en complex watergedrag	34
	4.2 Groen in de stad, waterberging, klimaatadaptatie	35
	4.3 Bodemdaling	37
	4.4 Stadslandbouw	38
	4.5 Verontreinigingen in bodem en water	41
	4.6 Ruimtelijke inrichting	41
	4.7 Relatie met bodemfuncties	42
5	Resultaten van de interviews: gewenste informatie	43
	5.1 Lokale bodemopbouw	43
	5.2 Waterdoorlatendheid en -dynamiek, draagkracht	43
	5.3 Bodemdaling, zetting, verdichting	43
	5.4 Metalen en andere stoffen in bodem en water	44
	5.5 Biologisch functioneren van de bodem	44
	5.6 Gewenste vorm van bodeminformatie	45
	5.7 Discussie	45
6	Conclusies	47
	Literatuur	49
	Bijlage 1 Vragenlijst voor interview 'Informatiebehoefte bodem in de Metropoolregio Amsterdam'	53
	Bijlage 2 Bodeminformatie gevraagd door respondenten	54

Verantwoording

Rapport: 2982

Projectnummer: 5200044828

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: senior onderzoeker Duurzaam Bodemgebruik

naam: René Rietra

datum: 8-11-2019

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Mirjam Hack

datum: 06-01-2020

Samenvatting

In en om steden wordt de bodem intensief gebruikt. De stadsbodem draagt kabels en leidingen, woningen en andere infrastructuur. De bodem wordt ook gebruikt voor groenvoorzieningen, recreatieplekken en voedselteelt in stedelijk gebied. Organisaties die de bodem in de stad inrichten en beheren hebben behoefte aan informatie over hoe de bodem in stedelijk gebied functioneert voor deze vormen van gebruik, zeker nu de stadsinrichting moet worden aangepast aan het veranderende klimaat. Daarnaast is er een groeiende vraag naar voedselproductie binnen de stadsgrenzen.

Dit rapport is een inventarisatie van kernfuncties en eigenschappen van de bodem die belangrijk zijn voor vraagstukken in stedelijke gebieden en randzones in de Metropoolregio Amsterdam. De inventarisatie is opgezet vanuit drie vragen:

1. Welke kernfuncties heeft de bodem in de stad en stadrandzones?
2. Voor welke vraagstukken in de stad en eromheen hebben bodembeheerders en -gebruikers bodeminformatie nodig? Welke kernfuncties van de bodem spelen een rol in deze vraagstukken?
3. Wat voor soort informatie is het die beheerders en gebruikers nodig hebben en in welke vorm?

De resultaten van literatuuronderzoek en interviews geven aan dat de volgende kernfuncties van de bodem belangrijk zijn in en om steden: *voedselproductie en drager voor groenvoorzieningen (1), waterberging en -afvoer (2), klimaatregulering (3), het bieden van een habitat voor biodiversiteit (4), het dragen van gebouwen en infrastructuur (5), het bufferen van vervuilende stoffen (6), het functioneren als een archief van cultureel erfgoed (7) en het dragen van recreatielandschappen in en om de stad (8).*

Bodembeheerders blijken bodeminformatie nodig te hebben voor vraagstukken over schade aan civieltechnische werken, draagkracht en complex watergedrag, groen in de stad, waterberging, klimaatadaptatie, bodemdaling, stadslandbouw, verontreinigingen in bodem en water en ruimtelijke inrichting. De meeste vraagstukken hebben een relatie met de bodemfuncties Voedselproductie en drager voor groenvoorzieningen, Drager van gebouwen en infrastructuur en Waterberging en -afvoer.

Er is vraag naar een georganiseerde inwinning van fysische en chemische informatie over bodem en grondwater uit sonderingen en peilbuizen in regionale informatiesystemen en aan koppeling van bestanden. Groenbeheerders geven aan behoefte te hebben aan een systeem van open data, met toegang tot adviesrapporten over specifieke plaatsen van groenvoorzieningen, en een totaaloverzicht van de situatie in de gemeente. Andere gevraagde vormen van bodeminformatie zijn *digital twins*¹, thematische kaarten als ingang en informatie in web-based vorm, die toegankelijk is vanaf een mobiel apparaat op locaties van meldingen. Er is behoefte aan visueel goed opgemaakte rapportages met voor alle partijen begrijpelijke informatie. Verschillende respondenten toonden interesse in een set van bodemkenmerken die – uitgedrukt in cijfers – kunnen laten zien wat er met de functie van een bodem voor een bepaald landgebruik gebeurt als je het beheer ervan verandert, met een advies voor maatregelen.

¹ Computerweergaven van levende en niet-levende objecten en processen.

1 Inleiding

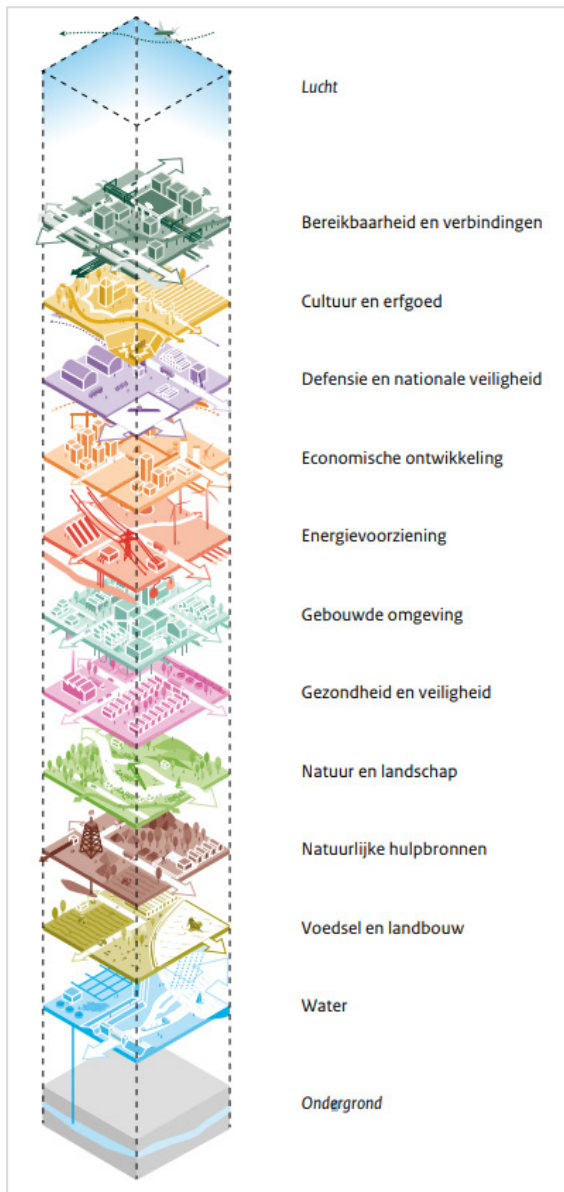
De bodem is onderdeel van de fysieke leefomgeving (Figuur 1). De bodem is nodig voor maatschappelijke en economische activiteiten in de andere onderdelen van de fysieke leefomgeving. Zo draagt de bodem gebouwen en netwerken voor mobiliteit en transport, kabels, leidingen en digitale infrastructuur, voedselgewassen en groenvoorzieningen, erfgoed en oppervlaktewateren. Hemelwater wordt erin opgevangen en afgevoerd.

In een brief aan de Tweede Kamer over de bodem-strategie voor landbouwgronden in Nederland stelt het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit, 2018) dat de bodem in landbouwgebied – mits van goede kwaliteit – de basis vormt voor maatschappelijke opgaven op het gebied van klimaat, voedselzekerheid en -veiligheid, biodiversiteit en waterkwaliteit. In de brief pleit het ministerie voor een duurzaam beheer van landbouwbodems en geeft de aanzet voor het nu lopende programma landbouwbodems.

Maar ook voor maatschappelijke opgaven in stedelijke gebieden is aandacht nodig voor het goed functioneren van de bodem. Dit functioneren staat onder druk door effecten van de concentratie van bevolking en bedrijven, zoals afvalstromen, vervuiling, afdekking van het bodemoppervlak met kunstmatige materialen, de uitbreiding van steden op omliggende landbouw- of natuurgebieden, de ontwikkeling van hitte-eilanden, de afname van biodiversiteit en een toenemende kwetsbaarheid voor klimaatverandering (diverse auteurs in overzichtartikel: (Guilland, Maron, Damas, & Ranjard, 2018)).

Er is een toenemende behoefte aan goede informatie en kennis over hoe goed bodems in en rondom de stad functioneren voor verschillende doeleinden. Enerzijds komt dit voort uit de wens om steden klimaatbestendig in te richten, anderzijds uit de behoefte aan het duurzaam produceren van kwalitatief hoogwaardig voedsel. In antwoord hierop heeft de Nederlandse overheid in januari 2018 de Wet Basisregistratie Ondergrond (BRO) in werking gesteld (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2015). Doel van deze wet is om één uniforme, digitale en gedetailleerde registratie van bodem- en ondergrondgegevens van Nederland te maken. Door het combineren van gegevens uit de BRO met andere gegevensbronnen op gebiedsniveau (zoals bestemmingsplannen, gegevens over infrastructuur, grondgebruik of kabels en leidingen) wordt het voor overheden en terreinbeheerders mogelijk om uitvoering te geven aan lokale en regionale omgevingsplannen en aan opgaven voor de energietransitie en klimaatverandering, de watertoets, de stresstest voor overheden en voor het Deltaprogramma.

Met de inwerkingtreding van de Omgevingswet is de omgevingsvisie een van de nieuwe beleidsinstrumenten voor het aanpakken van opgaven voor de fysieke leefomgeving op verschillende schaalniveaus. Rijk, provincies en gemeenten moeten allemaal een omgevingsvisie opstellen voor hun grondgebied. Omdat de bodem een rol speelt in alle functies en onderdelen van de fysieke leefomgeving (Figuur 1), is het wenselijk om een graadmeter te hebben voor het functioneren van de bodem. Zo'n instrument kan in het ontwerp en de uitvoering van de omgevingsvisies worden gebruikt om afspraken te maken met partijen met wie de opgaven gerealiseerd moeten worden. Het kan ook gebruikt worden om projectkeuzes te onderbouwen en te visualiseren voor bewoners, ondernemers, deskundigen, overheden en maatschappelijke organisaties die betrokken zijn bij het maken en uitvoeren van plannen in de leefomgeving. De Landelijke Voorziening BRO vormt een van de informatiepijlers onder het Digitaal Stelsel Omgevingswet en kan gebruikt worden als informatiebron voor een graadmeter van het functioneren van de bodem.



Figuur 1 'De fysieke leefomgeving'. Bron: 'De Opgaven voor de Nationale Omgevingsvisie' (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2017).

Doel van de inventarisatie die gepresenteerd wordt in dit rapport is na te gaan voor welke vraagstukken in steden en stadrandzones in de Metropoolregio Amsterdam terreinbeheerders en overheden informatie nodig hebben over bodem en ondergrond. Vervolgens willen we nagaan hoe deze informatie praktisch toepasbaar kan worden voor organisaties en individuen die beslissingen nemen over bodemgebruik en -beheer in de stad.

2 Methoden en materiaal

De inventarisatie is opgezet vanuit drie vragen:

1. Welke kernfuncties heeft de bodem in de stad en stadrandzones?
2. Voor welke vraagstukken in de stad en eromheen hebben bodembeheerders en -gebruikers bodeminformatie nodig? Welke kernfuncties van de bodem spelen een rol in deze vraagstukken?
3. Wat voor soort informatie is het die beheerders en gebruikers nodig hebben en in welke vorm?

Literatuurstudie en interviews werden gebruikt om deze vragen te beantwoorden. Het werkgebied is de Metropoolregio Amsterdam. Dit wordt kort beschreven in paragraaf 2.3.

2.1 Literatuurstudie

We raadpleegden wetenschappelijke literatuur en rapporten over de stadsbodem in Nederland en in andere gebieden om na te gaan welke kernfuncties de bodem vervult in de stad, in het bijzonder in de Metropoolregio Amsterdam. We zochten naar indicatoren die gebruikt worden om deze bodemfuncties te beschrijven in stedelijk gebied en naar reguliere beoordelingssystemen die daarvoor al bestaan.

We geven bij iedere bodemfunctie de relevantie aan voor de ontwikkeling van de Metropoolregio Amsterdam. We hanteren hiervoor de zeven ontwikkelrichtingen van de Ruimtelijk-economische Actie-Agenda voor de periode 2016-2020 (Metropoolregio Amsterdam, 2018). Analoot aan het concept voor indicatoren van landbouwbodems in Nederland (van den Elsen, Knotters, Heinen, Bloem, & Korthals, 2019) delen we de indicatoren voor de bodemfuncties in naar fysische, chemische en biologische aard.

2.2 Interviews

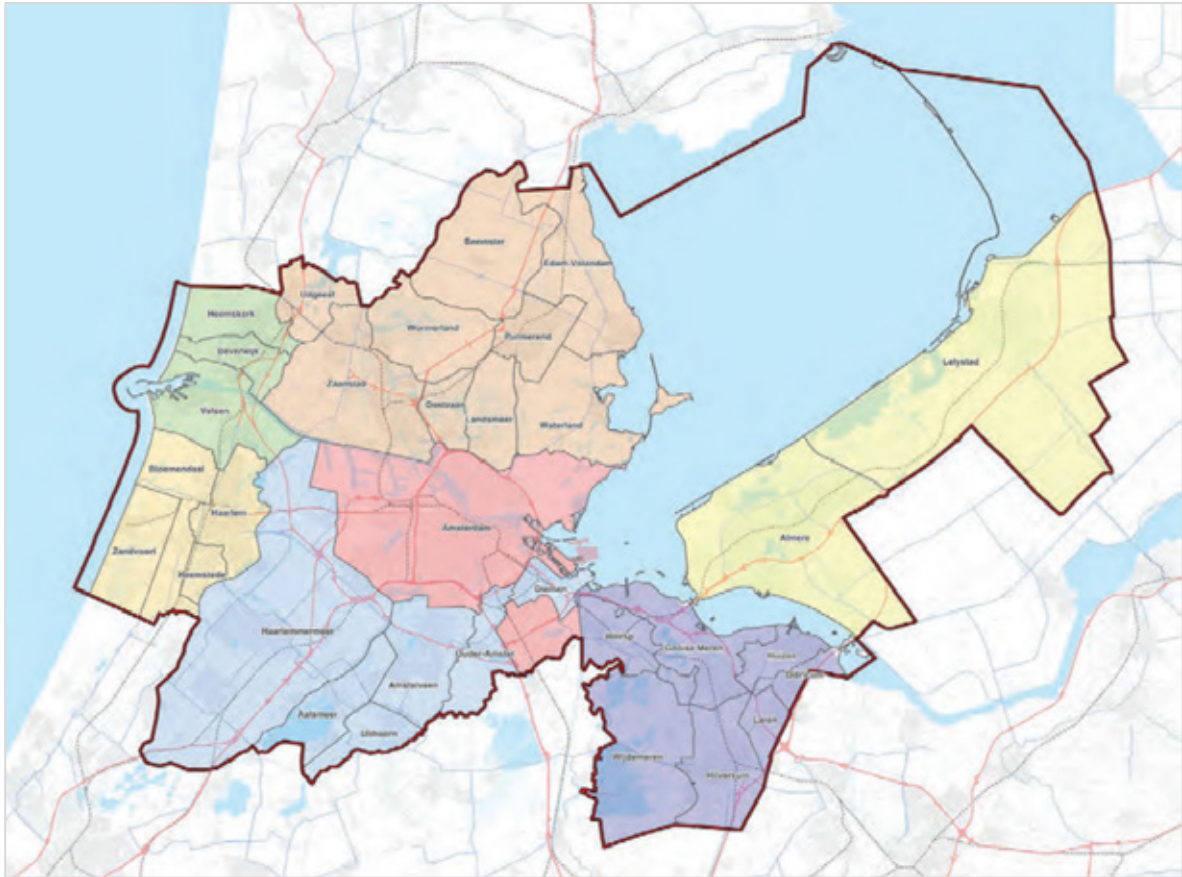
We interviewden tien personen die verantwoordelijk zijn voor de inrichting en/of het beheer van terreinen in en om de steden Almere en Amsterdam. De vragenlijst is weergegeven in Bijlage 1.

2.3 Metropoolregio Amsterdam

Het project HS4AMS heeft als werkgebied de Metropoolregio Amsterdam (MRA). Dit is het samenwerkingsverband van de provincies Noord-Holland en Flevoland, 32 gemeenten en de Vervoerregio Amsterdam (Figuur 2). De regio behoort tot de Europese top vijf van economisch sterke regio's en heeft twee luchthavens, zeehavens, het financiële centrum van Nederland, de bloemenveiling van Aalsmeer, Media Valley en clusters van creatieve bedrijven. Daarnaast kenmerkt de regio zich door aantrekkelijke historische steden en een grote variatie in landschappen (<https://www.metropoolregioamsterdam.nl/over-mra/>).

De regio ontwikkelt zich door de groei van het aantal inwoners en van het aantal huishoudens, een sterke internationalisering, de komst van nieuwe bedrijven en een groeiend aantal toeristen (Metropoolregio Amsterdam, 2019b). Hierdoor neemt de vraag naar ruimte voor wonen, werken en mobiliteit toe, en daarmee ook de vraag naar ruimte in en om de stad voor voedselproductie, infrastructuur en recreatiemogelijkheden. De MRA wordt gekenmerkt door een grote woningbouwdruk in de stad en de stadrand ('stedelijke rode druk') en grenst gedeeltelijk direct aan bufferzones met een streng restrictief beleid voor het bouwen buiten bestaand stedelijk gebied (Pols, Bijlsma, Breedijk, & Van Schie, 2018). De behoefte aan extra woningen tot 2040 wordt geraamd op 230.000 (Metropoolregio Amsterdam, 2018).

De MRA heeft drie prioriteiten voor de toekomst: het aanjagen van de economie, het verbeteren van de bereikbaarheid en het bouwen van woningen. Tegelijkertijd wil de regio landschappelijke elementen versterken en recreatiemogelijkheden en natuurbeleving uitbreiden en stelt het Klimaatakkoord van Parijs de regio voor opgaven op het gebied van klimaat en milieu (Metropoolregio Amsterdam, 2019b). Voor al deze ambities is een goed functionerende bodem noodzakelijk.



Figuur 2 Metropoolregio Amsterdam. (Bron: (Metropoolregio Amsterdam, 2019b)).

De Metropoolregio Amsterdam heeft begin 2016 een agenda opgesteld voor de toekomst (Metropoolregio Amsterdam, 2018), met daarin zeven ontwikkelrichtingen. Opgaven voor die richtingen die vragen om functionaliteit van de bodem, zijn weergegeven in Figuur 3.

1. Ruimte geven aan wonen en werken

- woningbouw
- transformatie en herstructurering van kantoren en bedrijventerreinen
- flexibele bestemmingsplannen

2. Slimmer en innovatiever werken

- locaties voor datacenters, start-ups, campussen
- huisvesting studenten, afgestudeerden en internationale kenniswerkers

3. De leefkwaliteit verbeteren

- cultureel aanbod, nieuwe functies voor leegstaande monumenten en erfgoedstructuren
- metropolitaan landschap met netwerken voor OV, fietsen, wandelen, varen
- combinaties van voedselproductie, waterberging, energieproductie, recreatie en biodiversiteit
- ruimte voor evenementen

4. Versnellen van de transitie naar een schone economie

- circulaire grondstoffenketens
- tijdelijke opslag van hoogwaardige bouwmaterialen uit sloop
- braakliggende terreinen voor wind- en zonne-energie en teelt energiegewassen
- ruimte voor warmte-koudenetwerken
- regionale afvalinzameling

5. Beter verbinden

- distributienetwerken voor goederen
- investeringen in nieuwe infrastructuur: Amsterdams metronet, 2e ringweg om Amsterdam, IJmeerverbinding
- uitrol elektrisch rijden, zelfsturende voertuigen, elektrische fietsen, slim parkeren
- metropolitaan fietsnetwerk
- verbeteren bereikbaarheid luchthavens

6. De metropoolregio klimaatbestendig maken

- waterbergingslocaties voor zware buien
- verbeteren waterveiligheid, waterkwaliteit
- maatregelen tegen verzilting landbouwgronden, bodemdaling
- zoetwatervoorziening en vestiging van grote watervragers
- innovaties voor waterbestendigheid en voedselvoorziening

7. De metropoolregio wendbaarder maken

- leegstand grote kantoorpanden en ruimtevrage kleine bedrijfjes
- legere winkelcentra door opkomst internetwinkelen
- flexibere bestemmingsplannen en snellere transformaties van bedrijventerreinen, kantoorpanden en bestaande woningen

Figuur 3 De zeven ontwikkelrichtingen van de Ruimtelijk-economische Actie-Agenda van de Metropoolregio Amsterdam voor de periode 2016-2020 en opgaven die vragen om bodemfuncties. (Vrij naar (Metropoolregio Amsterdam, 2018)).

In de stedelijke, bebouwde ruimte zijn momenteel grote uitdagingen waarin de bodem een rol speelt. Voor de stad Amsterdam zijn dit bijvoorbeeld verschuivingen van kademuuren, ruimtegebrek in de ondergrond, het zakken van de stad en de toename van wateroverlast. Enkele uitdagingen die genoemd werden in bijeenkomsten met de gemeente Amsterdam, beheerders van watersystemen en groen en kennisinstellingen, zijn weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4 *Uitdagingen voor de stad Amsterdam waarin de bodem een rol speelt. Bron: (Gemeente Amsterdam, 2017) en (Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions, 2017).*

3 Resultaten van het literatuuronderzoek

3.1 Inleiding

Uit de literatuurstudie en de interviews kwamen acht functies van de bodem naar voren als de relevantste voor maatschappelijke en economische activiteiten en behoeften in stedelijk gebied en randzones. Deze zijn weergegeven in Tabel 1. We bespreken in dit hoofdstuk deze functies kort en geven indicatoren en/of beoordelingssystemen die genoemd worden in de literatuur, en die direct of indirect iets zeggen over de geschiktheid van de bodem voor de betreffende functies.

De Europese Commissie hanteert een indicatorraamwerk voor het karteren en beoordelen van ecosysteemdiensten in stedelijk gebied als onderdeel van de Biodiversiteitsstrategie van de EU (MAES – Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services) (European Commission, 2016). Het raamwerk is bedoeld voor gebruik op het niveau van de EU, lidstaten, maar ook op het niveau van regio, metropool en/of stad. Het raamwerk bevat indicatoren van de bodemfuncties die de ecosysteemdiensten mogelijk maken. Deze zijn in het onderstaande overzicht voor iedere bodemfunctie apart weergegeven, met de benamingen uit het indelingssysteem CICES (*Common International Classification of Ecosystem Services*).

Tabel 1 Kernfuncties van de bodem in de stad en voorbeelden van de bodemfunctie voor de Metropoolregio Amsterdam.

Kernfunctie	Omschrijving	Voorbeelden voor MRA ²
1. Voedselproductie en drager voor groenvoorzieningen	Het laten groeien van vegetatie en eetbare gewassen in de stad	Voedselvoorziening in de regio Ruimte voor landbouwgrond Groengebieden voor leefkwaliteit in de regio, bieden van ontspanning
2. Waterberging en -afvoer	Ruimte voor waterberging, waterbuffering (tijdelijke opslag van water) Infiltratie en afvoer van (regen)water	Lokaal opvangen van water met groen in onverharde delen, en in verharde delen van de openbare ruimte (bijv. waterpleinen, groene daken) Waterbergingslocaties voor water uit zware buien
3. Klimaatregulering	Tegengaan van hittestress voor mens en beplanting	Dempen van hogere temperaturen voor een prettig leefklimaat
4. Habitat voor biodiversiteit	Ruimte en geschikte drager voor biodiversiteit en voor ecologische verbindingzones tussen natuurgebieden	Vooral de veenweidegebieden en binnenduinrand
5. Drager van gebouwen en infrastructuur	Drager voor bebouwing, wegen, spoorwegen, waterleidingen, kabels, rioleringen, funderingen, gebouwen, machines Ruimte en mogelijkheid om ondergronds of in taluds of andere ophogingen te bouwen	Infrastructuur en knooppunten voor goederen, mobiliteit, waterveiligheid (dijken) en recreatie (wand-, fiets- en vaarnetwerken) Ov-knooppunten als toegangspoorten naar het landschap

² Bron: Ruimtelijk-economische Actie-Agenda 2016-2020 voor de Metropool Regio Amsterdam.

Kernfunctie	Omschrijving	Voorbeelden voor MRA ²
6. Buffer voor vervuilende stoffen	Waterzuivering, opslag, filteren en omzetten van verontreinigingen Buffer tegen zoutwater van buiten boezemkades of vanuit de ondergrond (brak kwelwater)	Waterkwaliteit stimuleren
7. Archief van cultureel erfgoed	Conserverende werking voor ondergronds cultureel erfgoed en houten funderingen van rijksmonumenten Bescherming van archeologische resten	UNESCO-monumenten Kastelen, polder- en waterstaatsstructuren Nieuwe Hollandse Waterlinie Buitenplaatsen en landgoederen Industrieel erfgoed en lokale architectuur
8. Drager voor recreatielandschappen	Informatie en ruimte bieden voor recreatie en toerisme	Aantrekkelijk landschap bieden voor bewoners, bedrijven en recreanten Evenementen

3.2 Voedselproductie en drager voor groenvoorzieningen

Vraag naar de bodemfunctie

Met de groei van de wereldbevolking, een toenemend aantal inwoners van steden (United Nations, 2018) en een toenemende druk op ruimtegebruik voor bebouwing en infrastructuur neemt de vraag naar voedselproductie en groene ruimtes in en om steden toe (Kumar & Hundal, 2016). In Nederlandse steden biedt de bodemfunctie *Voedselproductie en drager voor groenvoorzieningen* kansen voor een aantal opgaven in stedelijk gebied (Van der Schans & Klein Gebbink, 2014):

- Toegang tot vers en duurzaam geproduceerd voedsel;
- Verkoeling, vergroening en waterbuffering door stadslandbouw en groen;
- Verduurzaming (minder transport, minder afval, minder vlees);
- Sociale doelstellingen (toegang tot arbeidsmarkt voor laaggeschoolden, vergroting participatiemogelijkheden van burgers);
- Economische doelstellingen voor de regio om de stad, zoals het vergroten van marge en inkomensbasis van regionale producenten, bevorderen van innovatie en gebieds- of wijkontwikkeling door ondernemerschap op het gebied van voedsel.

Ook de bijkomende functies van recreatie en natuur worden genoemd als motieven voor het bestemmen van stedelijk gebied voor voedselproductie. Andere ontwikkelingen zijn dat stedelingen behoefte hebben aan korte voedselketens en aan transparantie over voedselvoorziening, en dat stadsbesturen en bedrijven initiatieven nemen voor het gebruik van organische afvalstromen uit steden als grondstof voor stadslandbouw (Van der Schans, 2015) (Figuur 5).



Figuur 5 Voorbeeld van een voedseltuin in de Metropoolregio Amsterdam: Fruittuin van West (Foto: D. van Tol-Leenders).

Problematiek in de stad

De bodemkwaliteit van stadsbodems is vaak zeer wisselend en in veel gevallen onvoldoende voor gebruik voor voedselproductie. Dit komt omdat stadsbodems doorgaans weinig organische stof bevatten en mogelijk vervuild zijn met puin, sloopafval of ander ongewenst materiaal (Liu, 2015) (United States Department of Agriculture, 2018). De bodem in de stad is namelijk deels gevormd in uitgangsmateriaal dat is beïnvloed door menselijke activiteiten zoals industrie, transport, afvalverwerking en bouwwerkzaamheden. Daardoor bestaan bodems in steden op veel plaatsen uit materiaal dat is aangevoerd en opgebracht, zijn ze afgedekt met harde, deels ondoorlatende materialen en bevatten ze vaak metalen, artefacten en sloopafval. Ondanks deze beperkingen, die maken dat de kwaliteit van stadsbodems ruimtelijk gezien zeer variabel is, kunnen bodems gebruikt worden voor stadslandbouw. Uiteraard vereist dat een goede beoordeling van de bodemkwaliteit en goed bodembeheer (United States Department of Agriculture, 2018).

Voor onder andere groenvoorzieningen in de stad geldt dat deze regelmatig problemen ondervinden als gevolg van bodemverdichting, droogte, vervuiling en beschadiging, wat tot een afname van de groei en gezondheid van de vegetatie kan leiden (Batenburg, 2016). Recent neemt ook de recreatieve druk op stedelijke groenterreinen toe. In de stadsparken in de gemeente Amsterdam bijvoorbeeld is de conditie van veel kijkgroen zeer slecht door gebruik van graafmachines en vrachtwagens bij renovatie, en door een toenemend gebruik voor evenementen en sportactiviteiten (Stoffer, 2016) (Figuur 6).



Figuur 6 *Intensief gebruik van stadsparken: viering van Koningsdag in het Vondelpark in Amsterdam (Bron: Iornet/Shutterstock.com).*

Indicatoren en beoordelingssystemen

In Nederland wordt het model Sanscrit (uitgever: RIVM, <https://www.risicotoolboxbodem.nl/sanscrit/>) gebruikt voor het beoordelen van risico's voor mensen die aan verontreiniging in de bodem worden blootgesteld. Sanscrit kan risico's berekenen voor grondgebruik als moestuin of voor andere typen grondgebruik, en is ook het wettelijk instrument voor dat doel. Afhankelijk van het type grondgebruik schakelt het model bepaalde blootstellingsroutes uit of aan. Daaruit volgt een blootstelling voor de mens. In het geval van een moestuin rekent het model uit wat de inname is van o.a. lood op basis van een aanname van het aandeel gewassen dat mensen uit de tuin eten. Voor het grondgebruikstype stadspark is die bijdrage aan de blootstelling nul.

De berekening van blootstellingsrisico's met Sanscrit is echter gebaseerd op metingen van de totaalgehalten van de verontreinigingen en op simpele relaties tussen bodem en gewas, die voor bepaalde metalen (m.n. lood) zeer onbetrouwbaar zijn (Römkens, pers. comm.). Mede daarom is de risicobeoordeling conservatief.

Tabel 2 bevat een aantal indicatoren voor de beoordeling van de bodemfunctie *Voedselproductie in de stad*, die ontleend zijn aan een onderzoek naar bodemkwaliteit in een voedseltuin in Amsterdam (Liu, 2015). Deze indicatoren worden nog niet standaard gebruikt; de beoordeling volgens Sanscrit geldt als maatgevend. Deze beoordeling is op dit moment vrijwel uitsluitend gebaseerd op de totaalgehalten van een contaminant die in de bodem aanwezig zijn, hoewel deze vaak niet representatief zijn voor risico's van stoffen in de bodem.

Tabel 2 bevat ook indicatoren die door overheden en voedselproducenten in de VS gebruikt worden voor het monitoren van sporenmetalen in stadsbodems bestemd voor voedselproductie. Deze indicatoren worden deels ook gebruikt voor het beoordelen van de bodemfunctie *Drager voor groenvoorzieningen*.

Indicatoren uit het MAES-raamwerk voor stedelijk gebied (European Commission, 2016) worden gegeven in Tabel 3.

Tabel 2 Indicatoren voor de bodemfunctie Voedselproductie en drager voor groenvoorzieningen.

Indicator	Symbool en eenheid	Bron (land)
pH van bodem	pH (-)	(Liu, 2015) (NL) (United States Department of Agriculture, 2018) (VS)
Bodemvochtgehalte	Vol. %	(Liu, 2015)
Gehalte aan bodemorganische stof	OM (% gewicht)	(Liu, 2015) (United States Department of Agriculture, 2018)
Hoeveelheid oplosbare koolstofverbindingen (organische) en fracties daarvan (<i>humic acid (HA)</i> , <i>fulvic acid (FA)</i> , <i>hydrophobic neutrals (HoN)</i> and <i>hydrophilic (Hi)</i>)	HWC ($\mu\text{g C/g}$) (mg/kg)	(Liu, 2015)
N en P (mineraal) beschikbaar voor opname door planten	Nts (mg/kg) P-PO ₄ (mg/kg)	(Liu, 2015)
Gehalte aan metalen, drie soorten metingen: <ul style="list-style-type: none"> • totaalgehalte (Koningswater (Aqua Regia)) • reactieve metalen (0.43 N HNO₃, ook wel 'potentieel beschikbaar') • beschikbaar voor opname door bodemorganismen en planten (0.01 M CaCl₂)³ 	As (mg/kg) Cr Cu Zn Ni Cd Pb Hg	(Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer - AS SIKB 3000, 2013) (Liu, 2015)
Bacteriële biomassa	($\mu\text{g C/g}$ gedroogde bodem)	(Liu, 2015)
Biomassa van fungi	($\mu\text{g C/g}$ gedroogde bodem)	(Liu, 2015)
Nematoden (aaltjes): dichtheid en diversiteit	Aantal in 100 g ongedroogde bodem Aantal soorten in 100 individuen	(Liu, 2015)
Regenwormen	Aantal per m ² in gegeven bodemvolume Diversiteit (aantal soorten)	(Liu, 2015)
Mineraliseerbare stikstof	Nmin (mg/kg)	(Liu, 2015)
Waterretentiegehalte		(United States Department of Agriculture, 2018)
Bodemstructuur		(United States Department of Agriculture, 2018)
Bedekkingsgraad gras		(Stoffer, 2016)
Bodemopbouw in profiel		(Stoffer, 2016)
Bodemsamenstelling		(Stoffer, 2016)
Aard en opbouw beworteling		(Stoffer, 2016)
Bodemverdichting		(Stoffer, 2016)
Bodemzuurstofgehalte		(Stoffer, 2016)

³ Dit is de fractie die verondersteld wordt overeen te komen met de concentratie in het bodemvocht. De hoogte daarvan is afhankelijk van de bodemvoorraad (HNO₃) en bodemeigenschappen.

Tabel 3 Indicatoren uit het MAES-raamwerk voor de bodemfunctie Voedselproductie en drager voor groenvoorzieningen in stedelijk gebied.

<u>Voedselproductie – Biomassa – groenteteelt in stadstuinen en langs vervoersnetwerken</u> Voedselproductie (ton.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹) Oppervlakte van volks- en voedseltuinen voor eigen consumptie (ha)
<u>Bufferen van overlast door ecosystemen - Verminderen van geluidsoverlast door stadsgroen</u> Bladoppervlakindex (Leaf Area Index) en afstand van groenvoorzieningen tot wegen (m) Mate van geluidsreductie (dB (A).m ⁻² beplantingseenheid)

3.3 Waterberging en -afvoer

Vraag naar de bodemfunctie

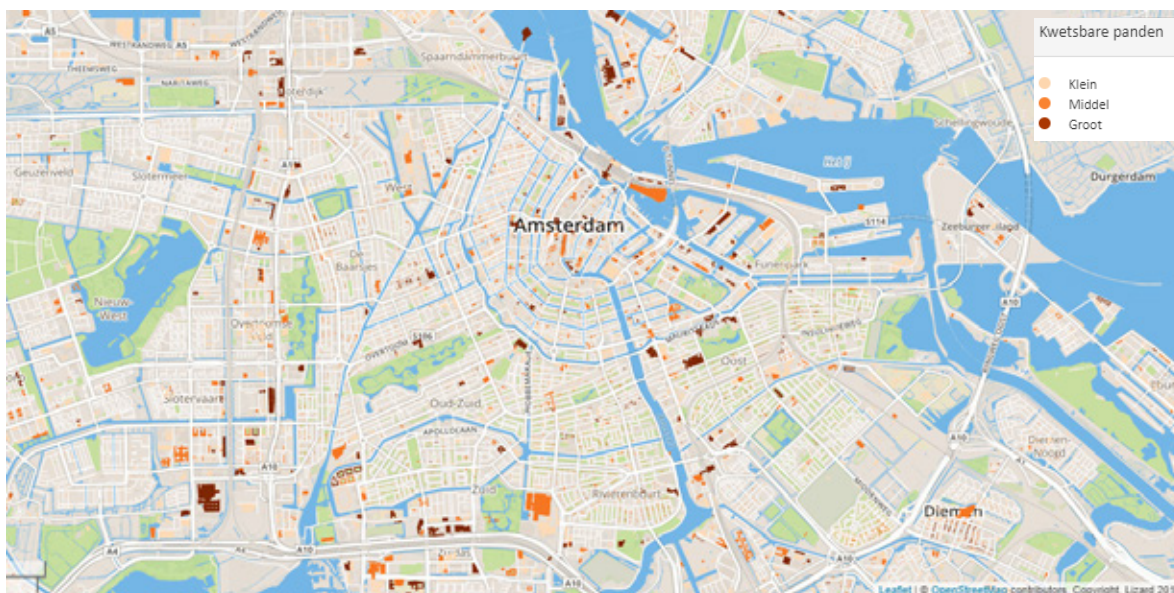
Deze functie gaat over de berging en tijdelijke opslag van grondwater, regenwater en oppervlakkig afstromend water in de bodem. In een niet door asfalt of ander bouw materiaal afgedekte bodem kan toestromend water direct infiltreren. Ook andere objecten die gepositioneerd zijn in of op de bodem bieden de mogelijkheid om water (tijdelijk) vast te houden:

- Het oppervlaktewatersysteem van de stad, met een geleidelijke afvoer naar het landelijk watersysteem
- Rioolstelsels en in ondergrondse bassins die water opvangen uit riolen
- Parken, straatbomen en andere groenvoorzieningen
- Groene scheggen en duikers, waterreservoirs in natuurgebied
- Groene daken
- Retentiebekkens langs wegen met gras en struiken (wegcunetten, wadi's)
- Tuinen en straten, gedeeltelijk verharde oppervlakken (bijv. pleinen)

Groenvoorzieningen dragen bij aan waterberging en -afvoer door opvang van water en verdamping vanaf het bladoppervlak mogelijk te maken, door infiltratie van regenwater en afstromend water in open bodem of doorlatende afdekking en door wateropname via wortels en transpiratie (Gehrels et al., 2016).

Problematiek in de stad

De opbouw van steden verandert het drainagesysteem van een gebied, doordat een deel van het oppervlak wordt afgedekt met (deels) ondoorlatende materialen. Hierdoor kunnen regenwater en oppervlakkig afstromend water minder infiltreren. Dit kan leiden tot overstroming en wateroverlast als rioolwatersystemen en andere drainagesystemen onvoldoende capaciteit hebben om dit water af te voeren en er onvoldoende berging is in het planoppervlak of oppervlaktewatersysteem van de stad (European Environment Agency, 2016) (Kumar & Hundal, 2016) (Figuur 7). Deze problematiek speelt vooral in laaggelegen, overstromingsgevoelige gebieden met hoge grondwaterniveaus, zoals in de Metropoolregio Amsterdam. Ongeveer 80 steden in Europa hebben hun bebouwde gebied uitgebreid in overstromingsgevoelige gebieden in de periode 2006-2009 (European Environment Agency, 2017)(European Environment Agency, 2016).



Figuur 7 Twee kaarten die problematiek in de stad illustreren als gevolg van een verminderde bodemfunctie 'waterberging en -afvoer'. Boven: risico op water in panden bij hevige neerslag in Amsterdam. Klein: 0-10 cm waterdiepte tegen de gevel, middel: 10-25 cm, groot: >25 cm. Onder: wateroverlast op straat in Haarlem na een bui van 70 mm in 1 uur. Bron: Klimaatatlas Metropoolregio Amsterdam.

Indicatoren en beoordelingssystemen

Indicatoren en beoordelingssystemen voor de bodemfunctie *Waterberging en -afvoer* zijn gegeven in Tabel 4. Veel van de indicatoren hebben te maken met de afdekking van het bodemoppervlak door (deels) ondoorlatende materialen voor de aanleg van gebouwen, infrastructuur en constructies (*land take* in de Engelse terminologie). Afdekking is van invloed op alle bodemfuncties. Omgekeerd maakt het verwijderen van afdekking ruimte voor het activeren van andere bodemfuncties. Er zijn nog geen goede indicatoren voor de netto inbeslagname van landoppervlak en de indicatoren die op het niveau van de EU zijn ontwikkeld, sluiten niet goed aan op die in nationale en regionale beleidskaders en wetgeving. Om die reden heeft de Stedelijke Agenda voor de Europese Unie (*Urban Agenda for the EU*) als doel om een set van indicatoren te ontwikkelen voor netto afdekking, die rekening houdt met trends in vergroening in re-naturalisatie in stedelijk gebied (European Commission, 2019).

Tabel 4 *Indicatoren en beoordelingssystemen voor de bodemfunctie Waterberging en -afvoer.*

Verhard oppervlak

% niet op het riool aangesloten verhard oppervlak

% verhard oppervlak (Zuithof, 2017)

oppervlakte onafgedekte bodem (van der Wel & Roos, 2010) (Gehrels et al., 2016)

ruimte voor het oppervlaktewatersysteem in de stad (bijv. retentievijvers) (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, 2018)

bergingscapaciteit van waterplassen (van der Wel & Roos, 2010)

Overstromingskans, -risico

overstromingskans (in de stresstest voor gemeenten volgens het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie) (Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken, 2017)

% van het stedelijk gebied met een hoog risico op overstroming (European Environment Agency, 2017)

afstromingscoëfficiënt van afdekmaterialen (Rawlins, Harris, Price, & Bartlett, 2015)

ruwheid van het oppervlak (Kinoshota et al., 1973; in (Murata & Kawai, 2018))

maaiveldberging (waterberging aan het oppervlak) (Massop, Clement, & Schuiling, 2014)

bergingscapaciteit van bodemlichamen onder open bodem of onder infrastructuur (Gehrels et al., 2016)

Ontwerp van bebouwd gebied

Voor de traditionele inrichting van wijken wordt een standaardnorm gehanteerd van bui-duur, herhalingstijd (T) en hoeveelheid neerslag voor een maatgevende bui voor de afvoer van regenwater door de riolering en over de straten. Voor deze standaardnorm worden genoemd:

- berging en afvoer van 20 mm neerslag van verhard oppervlak in een uur; voor meer extreme neerslag kan 20 mm extra neerslag worden geborgen in het totale planoppervlak (i.e. alle tuinen, garages, dakoppervlakken woningen, oppervlak openbare ruimte) (van Lujtelaar & Goedbloed, 2018)(Kluck, Loeve, et al., 2017)
- ontwerp van straten op een berging van 40 mm neerslag (Oldenkotte, 2017)
- voor de situatie in 2050: 60 mm in 1 uur bij T=100 (Kluck, Kleerekoper, et al., 2017)
- dimensionering van het rioelstelsel op het verwerken van 20-30 mm neerslag in een uur

Voor het afwegen van maatregelen tegen wateroverlast bij extreme regenval wordt de 'driepuntsbenadering' gebruikt: dagelijkse situatie, water op straat en extreme belasting.

Overige indicatoren van ontwerp:

• een voldoende hoog gelegen bouwpeil van woningen (van Lujtelaar & Goedbloed, 2018)

• in bebouwd gebied in Nederland wordt de grondwaterstand op een hoogte van 0.80-1.00 m beneden maaiveld gehouden; in de zone daarboven kan regenwater worden geborgen en naar de ondergrond infiltreren, of tijdelijk worden geborgen en afgevoerd naar oppervlaktewater, via bijv. drainage (Zuithof, 2017)

Bodemeigenschappen

waterretentiecapaciteit van de bodem (Rawlins et al., 2015) (Kumar & Hundal, 2016)

bulkdichtheid (Vasenev, Van Oudenhoven, Romzaykina, & Hajiaghaeva, 2018) (Kumar & Hundal, 2016)

infiltratiecoëfficiënt (Vasenev et al., 2018)

infiltratiecapaciteit (Gehrels et al., 2016)

structuurkenmerken

hoeveelheid en verdeling van bodemorganische stof

porositeit

wortelverdeling in de bodem (Kinoshota et al., 1973, in (Murata & Kawai, 2018))

mate van verdichting van de bodem (Ando et al., 1982; in (Murata & Kawai, 2018))

indringweerstand (Kumar & Hundal, 2016)

Kenmerken van groenvoorzieningen

dikte van de strooisellaag in stadsbos (Yoshida et al., 2013, in (Murata & Kawai, 2018))

oppervlakte en dichtheid van begroeiing (Gehrels et al., 2016)

interceptiecapaciteit van het bladerdek (Gehrels et al., 2016)

Indicatoren uit het MAES-raamwerk voor stedelijk gebied (European Commission, 2016)

Waterregulering en matiging van afstromend water

Bergingscapaciteit voor water in de bodem (mm)

Infiltratiecapaciteit (cm)

Waterretentiecapaciteit (van vegetatie en bodem) (ton.km⁻²)

Interceptie van neerslag (m³.jaar⁻¹)

Oppervlakkige afstroming (mm)

Bescherming tegen overstromingen

Aandeel van groene zones in overstromingsgevoelig gebied (%)

Terrein dat blootstaat aan overstroming (ha)

3.4 Klimaatregulering

Vraag naar de bodemfunctie

Oppervlakken in stedelijk gebied met open bodem die niet bedekt is door asfalt of andere kunstmatige materialen, kunnen helpen om hittestress in de stad tegen te gaan, doordat deze oppervlakken minder heet worden dan afgedekte oppervlakken (Kumar & Hundal, 2016) en doordat de bodem warmte kan opnemen (Mantel & Gevers, 2017). Dit effect is het sterkst in een bodem die bedekt is met beplanting. Dan is de functie van de bodem die van drager voor groene zones die verkoeling geven door verdamping en schaduw en als drager voor straatbomen en bomen in parken en stadsbossen en ander opgaand groen. Figuur 8 laat zien dat de gevoeligheid voor hittestress in Amsterdam lager is in de parken, en hoger in de straten en in dichtbebouwd terrein.



Figuur 8 Gevoelstemperatuur op een warme dag die 1 keer per 1000 zomerdagen voorkomt in het huidige klimaat (Bron: Klimaatatlas Metropoolregio Amsterdam, 2019).

Indirect kan de bodem bijdragen aan thermisch comfort in stedelijk gebied in doorgangen voor ventilatie tussen bouwblokken ('ventilation corridors') door het bieden van ruimte voor waterpartijen en van een platform voor groene daken en groene gevels.

Het reguleren van het lokale klimaat in en om de stad kan ook via gerehabiliteerde riviersystemen, zoals het Emscherdal in Duitsland (Climate-ADAPT case 6201⁴).

Problematiek in de stad

De luchttemperatuur in stedelijk gebied is vaak hoger dan in omliggend gebied. Dit effect staat bekend als het 'Urban Heat Island (UHI) effect'. Het wordt veroorzaakt door de absorptie van zonnestraling door bouwmaterialen, een lagere verdamping en de productie van warmte door menselijke activiteiten (verkeer, airconditioning). In de zomermaanden kunnen als gevolg hiervan hittestress en gebrek aan thermisch comfort in de stad optreden, ook in kleinere steden (<25.000 inwoners) (Hutcheon, Johnson, Lowry, Black, & Hadley, 1967).

Indicatoren en beoordelingssystemen

Indicatoren en beoordelingssystemen voor de bodemfunctie *Klimaatregulering* zijn gegeven in Tabel 5.

⁴ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/a-flood-and-heat-proof-green-emscher-valley-germany>

Tabel 5 *Indicatoren en beoordelingssystemen voor de bodemfunctie Klimaatregulering.*

<p><u>Volksgezondheid en arbeidsproductiviteit</u> nachttemperatuur maximale dagtemperatuur (Stichting Climate Adaptation Services, n.d.) 'outdoor thermal comfort index' (samengestelde indicator van luchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid en gemiddelde windsnelheid, uitgedrukt in o.a. 'Gemiddeld jaarlijks aantal nachten met thermisch 'discomfort') (European Environment Agency, 2017) snelheid van toename luchttemperatuur (gr C/100 jaar) (Murata & Kawai, 2018) jaarlijks gemiddelde luchtvochtigheid (Murata & Kawai, 2018) effect van zonnestraling en infraroodstraling ('mean radiant temperature' (T_{mrt})) (Gehrels et al., 2016)</p> <p><u>Oppervlaktebedekking</u> % verhard oppervlak in de openbare ruimte % verhard oppervlak (Murata & Kawai, 2018) ratio grasland/onbegroeid oppervlak (%) (Murata & Kawai, 2018) oppervlakte groene zones (Yun et al., 1997; Yamada and Maruta, 1988; in (Murata & Kawai, 2018)) ratio wateroppervlak/groenoppervlak ('evaporation area ratio' (>30% is nodig voor Tokyo volgens Fukuoka, 1983, 1998; in (Murata & Kawai, 2018))</p> <p><u>Bebouwing</u> % bedekking door gebouwen (Murata & Kawai, 2018) bebouwingshoogte, bebouwingsvorm en verhouding verhard/natuurlijk (in indeling van 4 stedelijke types in relatie tot microklimaat) ((Kluck, Kleerekoper, et al., 2017), gebaseerd op Berghauser Pont en Haupt, 2009) ratio hoogte-vloeroppervlak van gebouwen (Murata & Kawai, 2018) prijzen van vastgoed in de buurt van parken (Kluck, Kleerekoper, et al., 2017)</p> <p><u>Kenmerken van groenvoorzieningen</u> waterretentiecapaciteit van planten en bodem (Murata & Kawai, 2018) energiebesparing voor airconditioning (in kW per dag en per m² groen dak) (Vasenev et al., 2018)</p> <p><u>Bodemeigenschappen</u> bodemdoorlatendheid voor regenwater (Murata and Kawai, 2018) ruimte voor wortels en volume niet verdichte bodem in boomspiegels gehalte vocht en bodemorganische stof in boomspiegels (European Environment Agency, 2016) temperatuur in de bodem op 10 cm diepte (Vasenev et al., 2018) (Edmondson et al., 2016, in (Murata & Kawai, 2018))</p>
<p><i>Indicatoren uit het MAES-raamwerk voor stedelijk gebied (European Commission, 2016)</i></p> <p><u>Temperatuurregeling in de stad</u> Bladoppervlakindex (Leaf Area Index) Temperatuurafname door boombedekking (°C.m⁻²) Koelingscapaciteit van groene infrastructuur (-)</p>

3.5 Habitat voor biodiversiteit

Vraag naar de bodemfunctie

De bodem vormt een habitat voor een grote hoeveelheid en variatie aan organismen. Deze organismen spelen een rol in het omzetten en leveren van nutriënten voor planten en bomen, in het vormen van de bodemstructuur, het infiltreren en vasthouden van water in de bodem, het onderdrukken van planteziekten en koolstofvastlegging (van den Elsen et al., 2019). In stedelijk gebied zijn vooral de volgende functies van bodemorganismen van belang voor de kwaliteit van de menselijke leefomgeving: bodemvruchtbaarheid, buffer tegen pathogene organismen, afbraak van vervuilende stoffen en mitigatie van klimaatverandering door de opslag van koolstof (verschillende auteurs in het overzichtsartikel van (Guilland et al., 2018)). Deze biologische functies ondersteunen

weer andere functies van de bodem in de stad, zoals het leveren van drinkwater en voedsel, het verminderen van luchtvervuiling en het reguleren van het lokale klimaat. De meeste van deze bodemfuncties worden mogelijk gemaakt door de groene infrastructuur van de stad (Figuur 9).



Figuur 9 Gebruik van bladafval, houtsnippers en compost gemaakt van organisch (huishoudelijk) afval in Demo-tuin Noord in Amsterdam voor het stimuleren van bacteriën, schimmels en regenwormen in de bodem (Liu, 2015) (Foto: Debra Solomon. Copyright Debra Solomon/Urbaniahoeve 2015).

Problematiek in de stad

Bodems in de stad worden sterk beïnvloed door menselijke activiteiten en verschillen daardoor in opbouw en werking van bodems in landbouw- en natuurgebieden. Ze bevatten voorwerpen (artefacten) en stoffen en bouwmaterialen die door mensen zijn aangebracht, en zijn op veel plaatsen afgedekt met gedeeltelijk of geheel ondoorlatende membranen. In de WRB-classificatie van bodems (World Reference Base of Soil Resources) vallen stadsbodems daarom in de hoofdcategorie 'Technosols'.

In stedelijk gebied is er een grote variatie in bodems als gevolg van stikstofdepositie, het hitte-eilandeffect, verontreiniging (door vooral zware metalen) en veranderingen in de waterhuishouding. Hierdoor is naar verwachting ook het bodemleven anders dan in landbouw- en natuurgebieden. Er is echter nog niet zoveel bekend over het bodemleven in stedelijk gebied en over de effecten van het bodemgebruik in de stad op het functioneren van het bodemleven. Hoewel de kennis over bodembiodiversiteit aanzienlijk is toegenomen sinds 2000, gingen de meeste studies over bodems in landbouw- en natuurgebieden. In 2017 waren stadsbodems onderwerp van slechts 1% van studies naar biologische bodemkwaliteit (Guilland et al., 2018).

Indicatoren en beoordelingssystemen

In het meetnet van het Bodembio-logische Indicator-project (Bobi) werden bodembio-logische, abiotische indicatoren en systeemgerichte indicatoren gemeten van bodembio-diversiteit en habitatfuncties (Rutgers & et al., 2014). De metingen zijn beëindigd in 2014, maar de database is nog relevant als referentie, en geldt als de standaard voor Nederland (van den Elsen et al., 2019).

In de selectie voor de beoordeling van de gezondheid van Nederlandse landbouwbodems (van den Elsen et al., 2019) worden minimaal de volgende drie indicatoren voorgesteld:

- Potentieel mineraliseerbare stikstof
- Labiele koolstof
- Nematodenaantallen en diversiteit

Als additionele indicatoren worden voorgesteld:

- Bacteriële biomassa
- Schimmelbiomassa
- Regenwormen (aantallen en diversiteit)

In de internationale literatuur wordt het effect van verstedelijking op bodembiodiversiteit gemeten als de variatie in de dichtheid en diversiteit van bodemorganismen als functie van de gradiënt stad-landbouwgebied (urbaan-sub-urbaan-ruraal) ((Guilland et al., 2018)). De bodemorganismen die beschouwd worden, zijn weergegeven in Tabel 6. Het MAES-raamwerk voor stedelijk gebied kent geen indicatoren voor het behoud van levenscycli, habitat en genenpool in de bodem (European Commission, 2016).

Volgens een overzichtsartikel over de biologische kwaliteit van stadsbodems (Guilland et al., 2018) worden moderne moleculaire en biologische instrumenten voor het bestuderen van levensgemeenschappen nog onvoldoende benut voor stadsbodems, en ontbreken referentiekaders voor het interpreteren van organismen in stadsbodems en voor het beoordelen van de biologische bodemkwaliteit.

Tabel 6 *Indicatoren van biologische bodemkwaliteit op de gradiënt van stad naar landbouwgebied (Bron: (Guilland et al., 2018)).*

Organisme	Indicatoren van biologische bodemkwaliteit
Regenwormen	Dichtheid (aantal/m ²) Biomassa (g/m ²) Diversiteit
Nematoden	Dichtheid (totaal per 10 g bodem/soortenrijkdom) Totale dichtheid/soortenrijkdom
Micro-organismen	Microbiële biomassa C/N (µg/g bodem) Microbiële biomassa C (µg/g bodem) Microbiële biomassa N (µg/g bodem) Bacteriële diversiteit (OTU) ⁵
Arthropoden	Totale dichtheid Dichtheid/soortenrijkdom van loopkevers en spinnen
Loopkevers	Dichtheid/soortenrijkdom
Spinnen	Dichtheid/soortenrijkdom

3.6 Drager van gebouwen en infrastructuur

Vraag naar de bodemfunctie

In deze functie is de bodem – in combinatie met het grondwater – drager voor bebouwing, wegen, spoorwegen, waterleidingen, kabels, rioleringen, funderingen, gebouwen en machines, boven of onder de grond (Figuur 10). Naast de fysieke draagfunctie gaat het om de ruimte die de bodem biedt om bovengronds, ondergronds of in taluds of andere ophogingen te bouwen. Bij deze bodemfunctie wordt onderscheid gemaakt naar de hoogteligging en overstromingsgevoeligheid van terreinen (European Environment Agency, 2016). Ook de aarding voor elektriciteit valt onder deze bodemfunctie (Rawlins et al., 2015).

⁵ Operational Taxonomic Unit

Problematiek in de stad

Er is een grote vraag naar ruimte in de Nederlandse ondergrond voor bouwwerken en ondergrondse infrastructuur, zoals waterleidingen en de uitrol van het 5G-netwerk. De energietransitie, maatregelen voor klimaatadaptatie en vervangingsopgaven voor gebouwen en infrastructuur maken de druk op de boven- en ondergrondse ruimte nog groter (Waterspiegel, 2019) (Figuur 10).



Figuur 10 De bodem als drager van gebouwen en infrastructuur (Bron: Shutterstock.com).

Indicatoren en beoordelingssystemen

Indicatoren en beoordelingssystemen voor de bodemfunctie *Drager van gebouwen en infrastructuur* zijn gegeven in Tabel 7.

Tabel 7 Indicatoren en beoordelingssystemen voor de bodemfunctie *Drager van gebouwen en infrastructuur*.

<p><u>Bodemeigenschappen</u></p> <p>Zettingsgevoeligheid</p> <p>Mate van consolidatie of zetting van de stadsondergrond, compactiegraad</p> <p>Draaglast</p> <p>Gehalte van en type kleimineralen (Willemse, 2017)</p> <p>Veranderingen in bodemvochtgehalte (a.g.v. klimaatvariabelen of wateropname door wortels) (Rawlins et al., 2015)</p> <p>Geschiktheid voor aarding volgens de standaard van 10 Ohm weerstand (in UK) (Rawlins et al., 2015) (Rawlins et al., 2015)</p> <p><u>Bebouwing</u></p> <p>'Land recycling indicator' (% landoppervlak hergebruikt voor bebouwing van de totaal gebruikte oppervlakte) (EEA-indicator LSI 008)</p> <p>'Urban land take indicator' (EEA-indicator CSI 014/LSI 001)</p> <p>Grondbalans: bestaande bodem (die vrijkomt bij graafwerk) wordt gebruikt voor aanleg van nieuwe wijk (bouwrijp maken, ophogen), openbaar groen en recreatiegebied (van der Wel & Roos, 2010)</p>

3.7 Buffer voor vervuilende stoffen

Vraag naar de bodemfunctie

Bodemkwaliteit in de stad staat regelmatig ter discussie. Daarbij gaat het vaak over de mogelijke risico's van bodemverontreiniging voor de mens in relatie tot het gebruik van de grond, bijvoorbeeld in geval van een moestuin. Zo kunnen mensen blootgesteld worden aan giftige stoffen zoals metalen (met name lood, kwik en cadmium) en/of organische verontreinigingen als minerale olie of PAK (polycyclische aromatische koolwaterstoffen afkomstig van verbranding) (United States Department of Agriculture, 2018)(Römkens, 2011)(United States Department of Agriculture, 2000). De blootstelling kan daarbij zowel komen door inademing van stof, inname van bodemdeeltjes, bijv. door spelende kinderen of het eten van groenten of fruit geteeld op mogelijk verontreinigde grond. Deze giftige stoffen zijn afkomstig van de verbranding van fossiele brandstoffen, industriële processen, rioleringslib, loodhoudende verf, loodhoudende brandstoffen, bestrijdingsmiddelen, kunstmest en wegverkeer (United States Department of Agriculture, 2018). Ze komen in de bodem door het omwerken van bodem bij bouw- en constructiewerkzaamheden, neerslag vanuit de atmosfeer, inspoeling uit installaties en leidingnetwerken en afspoeling vanaf daken, wegen en andere verharde oppervlakken, door het inbrengen van kunstmatige materialen, en door transport naar en vanuit het grondwater.

Ofschoon de organismen in de bodem en de beplanting daarop⁶ een deel van de vervuilende stoffen kunnen afbreken, opnemen of onschadelijk maken, geldt dat lang niet voor alle stoffen. Zo kunnen bijvoorbeeld zware metalen als lood of cadmium en bepaalde vormen van olie en PAK niet worden afgebroken. Met beheersmaatregelen voor bodem en beplanting kunnen verontreinigingen wel worden opgeslagen en vastgelegd in de bodem en in beplanting, waardoor schadelijke effecten van de route van bodem via planten naar mens of dier verminderd kunnen worden (Madejón et al., 2018)(United States Department of Agriculture, 2000). Lokaal beschikbare materialen in de stedelijke omgeving kunnen daarbij gebruikt worden als bodemverbeteraar of meststof. Voorbeelden van dergelijke materialen die kunnen helpen bij het vastleggen van onder andere metalen in de bodem, zijn gecomposteerde afvalstromen (onder andere GFT) uit de stad. Daarnaast kunnen dergelijke materialen deels ook nog gebruikt worden als bodemverbeteraar gericht op het leveren van nutriënten, bijvoorbeeld fosfaat dat uit afvalwater teruggewonnen kan worden (Kumar & Hundal, 2016).

Problematiek in de stad

Zware metalen en andere verontreinigingen die door menselijk handelen in de bodem komen, kunnen schadelijke effecten hebben voor mensen en andere organismen. Mensen kunnen blootgesteld worden aan verontreinigingen in de bodem door consumptie van groenten, vlees en melkproducten die geteeld worden op een verontreinigde bodem. Directe blootstelling voor mensen kan optreden door inname van grond (met name door spelende kinderen), inademing of contact met de huid (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2018).

Naast de mogelijke directe of indirecte schadelijke effecten voor mensen, kan de belasting van de bodem in stedelijk gebied met vervuilende stoffen de geschiktheid van de bodem voor andere functies verminderen, vooral voor de functies waarbij mensen blootgesteld kunnen worden aan de stoffen (Kumar & Hundal, 2016) (*Voedselproductie en drager voor groenvoorzieningen* en *Drager voor recreatielandschappen*).

Indicatoren en beoordelingssystemen

Interventiewaarden en Maximale Waarden

In de Nederlandse wetgeving voor de bodembescherming (Wbb, sinds 2006) (Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 2014) worden interventie- waarden (IW) gebruikt om de ernst van de mate van verontreiniging in de bodem vast te stellen. Als de gehalten in

⁶ Het gebruik van planten voor het verwijderen, afbreken of vastleggen van verontreinigende stoffen wordt fyto-remediatie genoemd. Het gaat om zware metalen, pesticiden, oplosmiddelen, ruwe olie, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) (Schnoor, Light, McCutcheon, Wolfe, & Carreira, 1995).

de bodem hoger zijn dan de IW, betekent dit dat er mogelijk sprake is van risico's voor het bodemleven (ecologische risico's) en/of risico's voor de mens (humane risico's). Bij overschrijding van de IW is het bevoegd gezag (provincie of grotere gemeente) verplicht om nader onderzoek te verrichten om de urgentie van de sanering vast te stellen. Als bij nader onderzoek blijkt dat er inderdaad sprake is van een urgent geval van bodemverontreiniging kan worden overgegaan tot sanering. De mate van urgentie wordt mede bepaald door het bodemgebruik en de mate van mogelijk contact van mensen met de bodem. Zo wordt bijvoorbeeld bij de beoordeling van de kwaliteit van de bodem voor speelplaatsen rekening gehouden met de frequentie dat kinderen daadwerkelijk gebruikmaken van het betreffende terrein.

Maximale Waarden (MW) spelen een rol indien grond van elders hergebruikt gaat worden en daarbij een andere functie krijgt. Voor verschillende gebruiksfuncties (o.a. industrie, stedelijk groen, tuin of landbouw) gelden daarbij verschillende eisen. In geval van landbouw (of natuur) gelden dan strengere eisen dan wanneer grond hergebruikt wordt voor aanleg van een industrieterrein. Uitgangspunt daarbij is dat de MW daarbij nooit hoger kunnen zijn dan de IW.

Tot slot kennen we ook nog de zgn. Streefwaarden. Deze komen overeen met een niveau van de gehalten aan verontreinigingen waarbij er geen risico is voor mens, dier en plant, ongeacht het gebruik van de bodem. Deze waarden worden gebruikt in preventief beleid voor bodemsanering en bodembescherming (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2019).

De Interventiewaarden en Maximale Waarden zijn gebaseerd op potentiële risico's voor de mens en voor ecosystemen. De interventiewaarden voor bodemsanering bevatten waarden voor metalen, overige anorganische stoffen (bijv. cyanide), aromatische verbindingen (bijv. benzeen), PAK's, gechloreerde koolwaterstoffen, bestrijdingsmiddelen en overige stoffen (bijv. asbest).

Omdat het gedrag van stoffen zoals zware metalen gedeeltelijk afhangt van de bodemeigenschappen, zijn de meeste normen afhankelijk van het organischestof- en het lutumgehalte van de betreffende bodem/het sediment. De normen voor veel organische contaminanten zijn afhankelijk van het organischestofgehalte. Daarbij worden alle normen vaak omgerekend naar de zogenaamde 'standaardbodem' met een gehalte aan organische stof van 10% en een kleigehalte van 25%. In de Circulaire bodemsanering per 1 juli 2013 is beschreven hoe deze waarden voor de standaardbodem zijn om te rekenen voor elke willekeurige te beoordelen bodem met andere eigenschappen.

Voor bodems of oevers van een oppervlaktewaterlichaam zijn aparte interventiewaarden opgesteld die zijn opgenomen in de Regeling bodemkwaliteit (Ministerie van Volkshuisvesting, 2018).

Risicobeoordelingen

Het RIVM heeft een instrument ontwikkeld, de zgn. Risicotoolbox, om de daadwerkelijke blootstelling aan stoffen te bepalen en de gezondheidsrisico's in te schatten (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2018). De Risicotoolbox⁷ is een instrument dat door bevoegde overheden kan worden ingezet om te beoordelen of de verontreinigde bodem risico's oplevert voor mens of milieu. Bij ernstige gevallen van bodemverontreiniging moet mogelijk gesaneerd worden. In aanvulling daarop wordt het beslissingsondersteunende systeem 'Sanscrit' (afkorting voor SANeringsCRITERium) gebruikt om de spoed vast te stellen van sanering en het saneringsplan.

Het beoordelen en reguleren van de toepassing van grond en steenachtige en niet-steenachtige bouwmaterialen (bijv. baggerspecie) op een landbodem, wordt getoetst op een lijst van stoffen waarvoor normen gelden volgens het Besluit Bodemkwaliteit, ook wel 'standaard stoffenpakket' genoemd.⁸ In het standaard stoffenpakket zitten de stoffen waarvoor de kans op overschrijding van de achtergrondwaarden hoger is dan 5%. Omdat de norm voor een specifieke bodem afhankelijk is van het organischestofgehalte en lutum, worden ook deze bepaald in het standaardpakket. Naast metalen zitten in dit pakket ook stoffen of stofgroepen als PAK, PCB's en minerale olie.

⁷ <https://www.risicotoolboxbodem.nl/>

⁸ <https://www.sikb.nl/bodembeheer/grond-en-bouwstoffen/toepassen-standaard-stoffenpakket>

Het standaardpakket is toepasbaar in onverdachte situaties en moet worden aangevuld met andere parameters als daar op basis van eerder onderzoek of andere gegevens (vooronderzoek) aanleiding toe is. In de meeste gevallen hanteert men de lijst uit NEN5740 die een paar keer is bijgesteld, o.a. in 2008 (waarbij o.a. barium, kobalt en molybdeen zijn toegevoegd en arseen en chroom zijn verwijderd). Dit lijstje wordt in eerste instantie in vrijwel alle verdachte locaties gehanteerd. Daarnaast kan kennis van de historie van een locatie of herkomst van de grond reden zijn om aanvullende stoffen op te nemen. Voorbeelden hiervan zijn onder andere cyanide, in geval van voormalige gasterreinfabrieken, of arseen in bepaalde kwelgebieden.

De normwaarden van de stoffen in het standaardpakket zijn gedefinieerd als achtergrondwaarden, maximale waarden en interventiewaarden. Per gemeente kan een specifiek gebruik vastgesteld worden, wat leidt tot specifieke bodemkwaliteitszones in het bodembeheergebied van een gemeente. Dit zijn minimaal 'wonen', 'industrie' en bodems of oevers van oppervlaktewaterlichamen. In gebiedsspecifieke toetsingskaders, zoals de gemeente Amsterdam heeft, worden veel meer bodemfuncties onderscheiden. Voor bomen langs grachten en wegen is bijvoorbeeld de bodemfunctie 'ander groen, bebouwing, infrastructuur en industrie' van toepassing.

De normwaarden (achtergrondwaarden en maximale waarden) voor het toepassen van grond of baggerspecie op of in de bodem, en voor de bodem waarop of waarin die grond of baggerspecie wordt toegepast, staan in Bijlage B van de Regeling bodemkwaliteit.⁹

Gebiedsspecifiek beleid

Lokale bodembeheerders¹⁰ (zoals een gemeente) kunnen zelf normen vaststellen die aansluiten bij de functies, kwaliteit en ontwikkelingen van een gebied (gebiedsspecifiek beleid). Voor gebiedsspecifiek beleid met Lokale Maximale Waarden voor kwaliteitsklassen wonen en industrie, is een bodemkwaliteitskaart verplicht.

Indicatoren uit het MAES-raamwerk voor stedelijk gebied

Indicatoren voor de bodemfunctie *Buffer voor vervuillende stoffen* uit het MAES-raamwerk voor stedelijk gebied (European Commission, 2016) zijn gegeven in Tabel 8.

Tabel 8 *Indicatoren voor de bodemfunctie Buffer voor vervuillende stoffen uit het MAES-raamwerk voor stedelijk gebied. Bron: (European Commission, 2016).*

<u>Bufferen van afval, gevaarlijke stoffen en andere ongewenste stoffen – bufferen door ecosystemen – reguleren van luchtkwaliteit door stadsbomen en stadsbossen</u>
Milieuverontreinigende stoffen opgenomen in vegetatie (kg.ha-1.jaar-1)
Snelheid van droge depositie (op open bodem) (mm.s ⁻¹)

3.8 Archief van cultureel erfgoed

Vraag naar de bodemfunctie

Cultureel erfgoed omvat culturele voorzieningen zoals kunstinstituten en musea, architectuur, historische binnensteden, monumenten, archeologie en cultuurlandschappen uit verschillende perioden van onze geschiedenis. Deze plekken en voorzieningen dragen bij aan een herkenbare, betekenisvolle leefomgeving. Voorbeelden in de Metropoolregio Amsterdam zijn UNESCO-monumenten, kastelen, buitenplaatsen en landgoederen, polder- en waterstaatsstructuren en de Nieuwe Hollandse Waterlinie, industrieel erfgoed en architectuur (Metropoolregio Amsterdam, 2018). Daarnaast zijn typerend voor de regio de historische landschappen in het veenweidegebied, de monumentale panden in de historische stadscentra van de oudere steden en de archeologische archieven in de bodem onder deze

⁹ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0023085/2018-11-30#BijlageB>

¹⁰ Decentrale bevoegde gezagen

steden. Er is een toenemende behoefte aan herkenbaarheid en identiteit van de leefomgeving (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2017).

De bodem draagt elementen van het cultureel erfgoed door het behouden en zichtbaar maken van cultuurhistorie en de ontstaansgeschiedenis van landschappen. Archeologische vindplaatsen en resten kunnen in de bodem bewaard blijven door de conserverende werking van de bodem, net als houten funderingen van rijksmonumenten (van der Wel & Roos, 2010), (Nijburg, Roovers, & Kooiman, 2017; Rawlins et al., 2015; Willemse, 2017).

Problematiek in de stad

Het behoud van cultureel erfgoed in stedelijk gebied kan onder druk komen te staan door een intensiever gebruik van de leefomgeving voor bijvoorbeeld de energietransitie, economische groei en de concentratie van huishoudens en bedrijven met de bijbehorende infrastructuren. Een voorbeeld in de Metropoolregio is het verzakken van monumentale panden rondom stadsparken in Amsterdam door paalrot als gevolg van het laag houden van het waterpeil in stedelijk gebied.

Een grote bedreiging voor de cultuurlandschappen met veen in de ondergrond is de maaiveldddaling door het oxideren van het veen in de bodem. Dit is vaak het gevolg van het kunstmatig laag houden van het waterpeil voor de landbouwproductie en voor het drooghouden van slappe bodems in stedelijk gebied. Ongewenste effecten hiervan zijn bodemdaling met economische en cultuurhistorische schade tot gevolg (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2017), zoals het verdwijnen van het cultuurlandschap met grasland en koeien, dat van waarde is voor de stedelijke gebieden in de regio.

Indicatoren en beoordelingssystemen

Het cultureel erfgoed in Nederland wordt sinds 2016 beschermd met de Erfgoedwet.¹¹ Deze bundelt verschillende bestaande wettelijke regelingen voor het behoud en beheer van het Nederlandse erfgoed. De belangrijkste verantwoordelijkheid voor de zorg voor het archeologische erfgoed ligt bij de gemeenten en provincies. Initiatiefnemers van ruimtelijke ontwikkelingen moeten archeologisch onderzoek laten doen als mogelijk aanwezige archeologische waarden worden bedreigd door bouw- of graafwerkzaamheden.

Spelregels voor het zorgvuldig omgaan met het bodemarchief zijn vastgelegd in de cyclus van de Archeologische Monumentenzorg (AMZ).¹² Aan het begin van de cyclus onderzoekt een gemeente of bedrijf welke archeologische waarden aanwezig zijn in een gebied of kunnen worden verwacht. De archeologische verwachting van een gebied wordt vastgelegd in een verwachtingskaart. Op landelijke schaal is de Kaart Archeologische Waarden (IKAW) beschikbaar. Gemeenten en provincies hebben vaak eigen kaarten van archeologische waarden en verwachtingskaarten, die gedetailleerder zijn dan de IKAW. Gemeenten zetten de archeologische verwachtingskaart om in een beleidskaart. Deze wordt vertaald in ruimtelijk beleid en opgenomen in het bestemmingsplan.

Enkele indicatoren voor de bodemfunctie *Archief van cultureel erfgoed* staan in Tabel 9.

Tabel 9 *Indicatoren voor de bodemfunctie Archief van cultureel erfgoed.*

<p><u>Ruimtelijk</u> archeologische verwachtingswaarde en gekoppelde voorwaarden voor archeologisch onderzoek (op gemeentelijk niveau) (van der Wel & Roos, 2010) (Rijkswaterstaat, n.d.) locatie van archeologische vindplaatsen (van der Wel & Roos, 2010)</p> <p><u>Eigenschappen van bodem- en grondwater</u> grondwaterniveau en daarmee samenhangend bodemvochtregime (Rawlins et al., 2015) (Willemse, 2017) (Nijburg et al., 2017)</p>

¹¹ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0037521/2017-09-01>

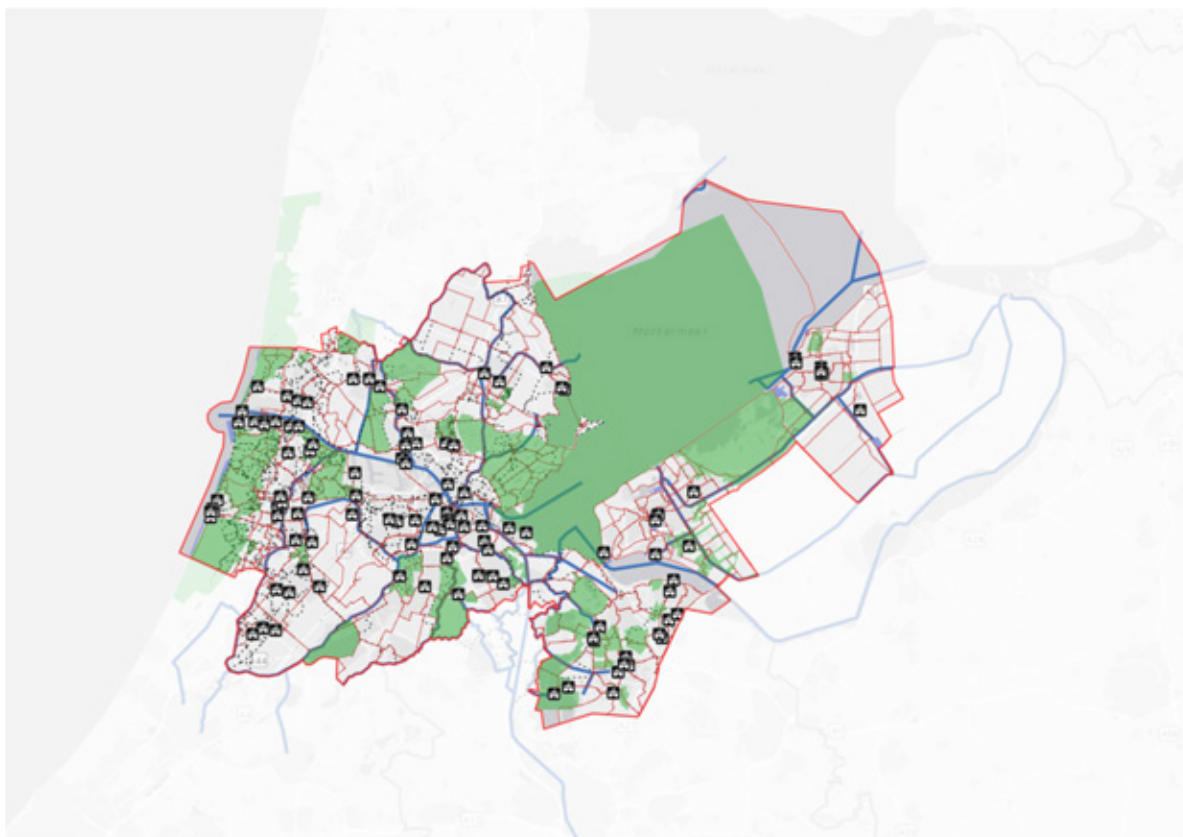
¹² <https://www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/archeologische-monumentenzorg/cyclus-van-zeven-stappen>

3.9 Drager voor recreatielandschappen

Vraag naar de bodemfunctie

Een gezond en aantrekkelijk leef- en werkmilieu is een belangrijke factor voor de vestiging van bedrijven en mensen in stedelijk gebied. Daarbij horen bereikbare recreatievoorzieningen en recreatielandschappen. Voorbeelden van recreatievoorzieningen in de Metropoolregio Amsterdam zijn evenementenlocaties, wandel- en fietsnetwerken, zwemwaterlocaties, (jacht)havens en netwerken voor de recreatievaart (Figuur 11) (Metropoolregio Amsterdam, 2016). Voorbeelden van recreatielandschappen zijn het droogmakerijlandschap en het veenpolderlandschap. Naar verwachting zal de maatschappelijke behoefte aan wonen, werken, en daarmee recreëren in het stedelijk gebied, in de komende jaren toenemen (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2017).

De bodem draagt recreatievoorzieningen, recreatief groen en waterpartijen en recreatielandschappen in en om de stad. Aantrekkelijke landschappen om de steden bieden ook economische baten door kansen voor toerisme en lagere kosten voor gezondheidszorg (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2017).



Figuur 11 Evenementenlocaties, recreatiegebieden en locaties en netwerken voor waterrecreatie in de Metropoolregio Amsterdam. Bron: MRA Waardenkaart, (Metropoolregio Amsterdam, 2019a).

Problematiek in de stad

Ruimtebeslag voor recreatielandschappen concurreert met de vraag naar ruimte voor wonen, werken, bedrijvigheid, mobiliteit en bijbehorende voorzieningen. Bedrijvigheid en recreatie kunnen echter ook samengaan, zoals op de golfbaan bij de Bosbaan in Amstelveen. De problematiek die daar speelt in het functioneren van de bodem is het groen houden in tijden van droogte en het opwellen van zoutwater.¹³ Door een intensiever gebruik van evenementenlocaties en stadsparken raakt de bovengrond meer verdicht. Dit leidt tot wateroverlast en achteruitgang van de kwaliteit van het groen (Stoffer, 2016) (Batenburg, 2016).

¹³ Lodewijk Stuyt, pers.comm. 31-10-2018

Indicatoren en beoordelingssystemen

In Nederland zijn verschillende monitoringssystemen en meetnetten voor aspecten van het landschap. (Koomen, Nieuwenhuizen, & Pedroli, 2018) geven een inventarisatie van ruim 100 van deze systemen en meetnetten. Enkele daarvan geven directe of indirecte indicatoren of beoordelingen over het functioneren van de bodem voor gebruik als recreatielandschap in en om steden (Tabel 10).

In 2018 adviseerde het College van Rijksadviseurs om een landelijk dekkend monitoringssysteem voor het landschap op te zetten (Monitor Landschap) (College van Rijksadviseurs, 2018) (Koomen et al., 2018). In de Monitor Landschap worden indicatoren uitgewerkt van cultuurhistorie, fysieke kenmerken en landgebruik, in aanvulling op bestaande gradometers voor biodiversiteit, milieu, beleving en economie.

Tabel 10 Indicatoren voor de bodemfunctie Drager voor recreatielandschappen.

Landschappelijke kwaliteiten

- Indicatoren uit het dashboard 'Hoe is het leven in jouw regio?' van PBL/Telos 2019 (<https://kwaliteitvanleven.pbl.nl/>): Afstand tot openbaar groen (km)
- Indicatoren voor de kwaliteit van de groene ruimte in het Monitoringssysteem Kwaliteit Groene Ruimte (Hoogeveen et al., 2000): recreatieve geschiktheid (voor wandelen en fietsen), landschapsidentiteit (op basis van aardkundige elementen en patronen, cultuurhistorische elementen en patronen, schaalkenmerken en grondgebruik)
- Kenmerken van groene landschapselementen in het Meetnet Agrarisch Cultuurlandschap in het Landschapsobservatorium (<http://www.landschapsobservatorium.nl/>)
- Indicatoren voor de landschapskwaliteit in de Monitor Infrastructuur en Ruimte: open ruimte en belevingswaarde. De Monitor Infrastructuur en Ruimte wordt in 2020 omgezet naar een monitor van de Nationale Omgevingsvisie (<https://www.pbl.nl/publicaties/monitor-infrastructuur-en-ruimte-2018>) (van Veldhoven, 2020).

Belevingswaarde

- De indicator 'reliëf' in de Belevingskaart van het Nederlandse landschap (BelevingsGIS) (Roos-Klein Lankhorst et al., 2005) (ontsloten in het Compendium voor de Leefomgeving - (CBS, PBL, RIVM, & WUR, 2009)) drukt waardering uit voor het voorkomen van hoogteverschillen, de oorsprong van de reliëfvorm (natuurlijk of door toedoen van de mens), en het hebben van een uitzicht vanaf uitkijkpunten. Stedelijk gebied wordt buiten beschouwing gelaten in de belevingskaart.
- Meetmethode voor de belevingswaarde van landschappen: SPEL (Schalen voor de Perceptie en Evaluatie van het Landschap) (Coeterier, 1997). Deze methode heeft 8 meetschalen voor het beoordelen van de belevingswaarde van een landschap. De meetschaal 'bodem en waterhuishouding' heeft als belangrijkste aspect nat-droog, omdat dit de gebruiksmogelijkheden bepaalt. Andere bodemkenmerken in de meetschaal zijn 'variatie in grondsoorten' en 'hoogteverschillen'.

4 Resultaten van de interviews: vraagstukken

De respondenten benoemden in totaal 67 vraagstukken die spelen in het stedelijk gebied en de stadrandzones en die een relatie hebben met de bodem. Deze worden hieronder besproken, gegroepeerd naar clusters van vraagstukken die door meerdere respondenten benoemd werden:

- Schade aan civieltechnische werken, draagkracht en complex watergedrag
- Groen in de stad, waterberging, klimaatadaptatie
- Bodemdaling
- Stadslandbouw
- Verontreinigingen in bodem en water
- Ruimtelijke inrichting

4.1 Schade aan civieltechnische werken, draagkracht en complex watergedrag

De respondenten verantwoordelijk voor het beheer van civieltechnische werken en groenvoorzieningen in Amsterdam en Almere noemden schade aan panden, wegen, bruggen en kademuren, kabels en leidingen, rioolbuizen door verzakking of breken als gevolg van een verminderde draagkracht van de bodem. De schade wordt ook veroorzaakt door boomwortels of door ingrepen aan andere constructies die zich (deels) in de bodem bevinden, of doordat palen onder panden droogvallen door het verlagen van de grondwaterstand ten behoeve van stadsparken. Hierbij speelt het complexe gedrag van water in de ondergrond van stedelijk gebied een rol. Zo bepaalt de diepte van ophogingen op kavels of horizontale grondwaterstroming nog mogelijk is, en wil men weten in welke ondergrondse volumes boomwortels schade kunnen aanbrengen aan kabels en leidingen, en hoe ver wortels reiken onder panden. Te klein aangelegde groeiplaatsen voor bomen leiden ertoe dat boomwortels gaan groeien naar plaatsen waar voedingsstoffen zijn, zoals tuinen of in rioleringen. Daardoor veroorzaken ze schade door wortelopdruk of verstopping van rioolsystemen.

In het ontwikkelingsgebied Oosterwold raken drainagebuizen beschadigd door graafwerkzaamheden en het ontbreken van beschermende kokers. De eigen weg die kaveleigenaren zelf moeten aanleggen (Figuur 12) wordt vaak stuk gereden in de beginfase van de wijkaanleg, omdat er dan zwaar verkeer op rijdt. Vanwege de lokale bodemopbouw (klei op veen) en de belasting met zwaar verkeer zakt de weg en drukt aan de onderkant klei en veen weg. Kaveleigenaren gaven aan dat onderhoud nodig is als de weg zakt.



Figuur 12 Aanleg van eigen weg in ontwikkelingsgebied Oosterwold (Foto: S. Verzandvoort).

Als voorbeeld van het complexe gedrag van water in de ondergrond van de stad noemt een respondent de aanleg van de parkeergarage onder het Museumplein. Het water rondom de parkeergarage bleek zo op te stijgen dat bomen in de omgeving doodgingen en het water zelfs omhoog kwam op straat.

Een respondent gaf aan behoefte te hebben aan het kennen van grenzen aan de draagkracht van de bodem, om limieten te kunnen aangeven aan beleidsmakers voor het belasten van de bodem met zware machines, die bijvoorbeeld gebruikt worden voor het onderhoud van kademuren.

In Almere is het openbarsten van de bovenste bodemlaag door opwaartse druk van het grondwater een probleem. Voor het inschatten van het risico – bijvoorbeeld voor de aanleg van rioolbuizen – moeten de dikte en het gewicht van de deklaag bekend zijn. De grondwaterstand van het bovenste grondwater is heterogeen, waardoor generieke maatregelen tegen opbarsten niet overal werken.

De vraagstukken van schade aan civieltechnische werken, draagkracht van de bodem en complex gedrag van water in de bodem spelen nadrukkelijk in de komende jaren, vanwege de grote opgave voor de vervanging van civiele constructies als wegen, bruggen, kademuren en straatbomen. Respondenten verantwoordelijk voor het beheer van zulke constructies gaven aan te willen weten welke effecten veranderingen in leidingstelsels en bekabeling op de bodem zullen hebben als gevolg van de energietransitie, bijvoorbeeld wat betreft de warmtehuishouding, magnetische velden en elektrische weerstand.

4.2 Groen in de stad, waterberging, klimaatadaptatie

Stadsparken in Amsterdam ondervinden wateroverlast en schadelijke effecten van intensief gebruik op de beplanting, de biodiversiteit en de bodem. Effecten op de bodem zijn verstoring van de bodemstructuur en bodemverdichting. Het intensieve gebruik heeft betrekking op de toenemende trend om evenementen te organiseren in stadsparken en op activiteiten in de begroeide delen in plaats van alleen op de paden en zitplaatsen (bijvoorbeeld sport en spel in de plantenvakken, zoals de 'Schotse veldslag'). Respondenten noemen als problemen de achterstalligheid in beheer, onkundig beheer en gebrek aan financiële middelen om stadsparken op een structurele manier aan te pakken.

Een voorbeeld van onkundig beheer is het verstoren van de bodemstructuur bij het terugplaatsen van grond, waardoor de begroeiing schade ondervindt.

In Almere is het stadsgroen dat in groeiplaatsen staat op ongerijpte klei in een slechte conditie. In ongerijpte klei zijn geen structuur en bodemleven aanwezig, waardoor bomen niet kunnen wortelen en/of slecht voedingsstoffen kunnen opnemen. Beheerders van groene infrastructuur en beplanting in stedelijk gebied noemden als vraagstuk hoe de bodem kan worden ingezet om klimaatverandering op te vangen, bijvoorbeeld met grondwaterstandbeheer aangepast op parken. Er is wateroverlast in stadsparken, terwijl er juist behoefte is om deze gebieden te gebruiken voor de opvang en berging van regenwater en oppervlakkig afstromend water.

Respondenten geven aan dat we minder weten over het gedrag van water in de parken dan in de straten. In Almere ontstaan terreinverschillen tussen woonwijken en groenzones, die worden versterkt doordat huizen onderheid zijn en niet dalen, maar groenzones wel. De maaiveldsprong naar groenzones leidt tot waterverzameling in groenzones en tot het kleiner worden van de doorwortelbare ruimte voor bomen, met risico op afsterven van boomwortels.

Ook is nog veel onbekend over de relatie tussen de kwaliteit van de bodem en van het groen erop. De opbrengst of productie van boomgroei wordt een steeds belangrijker sturend aspect in de groenvoorziening met bomen: hoe groter de kroon, hoe beter de ecosysteemdiensten die door de boom geleverd worden. Te hard groeiende bomen zijn ook weer niet goed, omdat dan takbreuk kan optreden. Informatie over de bodem is nodig om te kunnen beoordelen of deze geschikt is om gewassen, bomen en andere vegetatie te laten groeien in parken, straatgroen en voedseltuinen. Groenbeheerders in Almere geven aan niet te kunnen sturen op de inhoud aan bodemleven in de bodem.

Het gebruiken van de bodem voor het bergen en afvoeren van water werd door meerdere respondenten genoemd als een opgave. Over de structuur en waterdoorlatendheid is minder bekend in voormalige landbouwgronden waarop een laag zand is aangebracht voor bebouwing.

Respondenten geven aan dat nog onvoldoende bekend is welke invloed droogte heeft op watersystemen en de beplanting van stadsparken. In het ontwikkelingsgebied Oosterwold hebben eigenaren van kavels – in tegenstelling tot boeren op aangrenzende kavels – beperkte middelen om het waterpeil op een voor hen gewenst peil te houden om droogteschade aan beplanting te voorkomen.

Oppervlakken met een niet-afgedekte bodem voor het opvangen van regenwater zijn volgens een respondent op veel meer plaatsen in de stad en randzones te realiseren dan in de huidige groeninfrastructuur, zoals in deels geplaveide stroken naast wegen, die nog wel berijdbaar zijn. Voedsel- en stadstuinen hoeven geen grote oppervlakken te zijn om bodemfuncties te vervullen en kunnen voorkomen in de vorm van meerdere oppervlakken verspreid over de stad (voorbeeld in Figuur 13).



Figuur 13 Voedseltuin Urbaniahoeve in Amsterdam-Noord (Foto: Debra Solomon. Copyright Debra Solomon/Urbaniahoeve 2015).

Eigenaren van kavels in ontwikkelingsgebied Oosterwold moeten zelf constructies voor waterberging en waterafvoer aanleggen op hun kavels. Ze doen dat met vijvers, hoogteverschillen en grondbewerking.

In Almere Stad neemt de verharding toe als gevolg van stadsverdichting. Dit belemmert het realiseren van doelen als waterberging, temperatuurregulering en handhaven van biodiversiteit. De gemeente heeft behoefte aan inzicht in de mate waarin het handhaven of uitbreiden van stadsgroen kan bijdragen aan het realiseren van deze doelen.

4.3 Bodemdaling

Bodemdaling is het zakken van het niveau van de bodem (ondergrond) of het maaiveld ten opzichte van een referentievlak, bijvoorbeeld het Normaal Amsterdams Peil (NAP) (Erkens, 2018). Bodemdaling werd expliciet benoemd als een probleem in de stad en stadrand door acht van de tien respondenten. Ze doelden hierbij op componenten van bodemdaling die worden veroorzaakt door menselijk handelen.

Bodemdaling werd door respondenten genoemd als een groot probleem in de stadsparken van Amsterdam, vanwege het verdwijnen van veen uit de ondergrond en door ontwatering. Er zijn 23 grote parken in Amsterdam. Een respondent noemt het Vondelpark als voorbeeld, dat 3 meter veen in de ondergrond heeft, en dat zakt met een snelheid van tot 1-1,5 cm per jaar. Het zakt al 150 jaar, en ligt al een meter lager, ook doordat de omgeving is opgehoogd. Bij de renovatie van het Oosterpark werden planners en deskundigen verrast door het complexe gedrag van het watersysteem, waarbij er zelfs meer wateroverlast was dan voor de ingreep.

Almere heeft te maken met extreme bodemdaling. De regio heeft zeer goede landbouwgronden, maar deze zijn minder geschikt om huizen op te bouwen. De beheerders van civieltechnische werken in Almere noemen de behoefte om schade te voorkomen aan civieltechnische infrastructuur. Ze doelen hierbij op schade in nieuwbouwggebieden bij de aanleg van riolering, leidingen en wegen, en in bestaand bebouwd gebied schade aan het rioolbuisstelsel en ongewenste effecten van hoogteverschillen tussen panden en straten. Bebouwd terrein is vaak dichtgereden en geroerd. De

gemeente wil graag weten of herstel van deze zetting¹⁴ te verwachten is, om hierover informatie te kunnen verstrekken aan kaveleigenaren.

In het gebied Oosterwold daalt de bodem naar verwachting tot 50 cm in de komende decennia. Sommige eigenaren van kavels in het ontwikkelingsgebied Oosterwold kiezen voor een lager bouwpeil dan de standaard van 70 cm boven maaiveld, omdat de bodem rondom de opgehoogde woonerven daalt en zij de hoogteverschillen tussen woonerf en kavel willen beperken. Als andere eigenaren dit echter niet doen, lopen ze het risico op wateroverlast door water van de kavels met een hoger bouwpeil.

Het waterschap bemaalt tot op een bepaald niveau en gaat dat vooralsnog niet veranderen, omdat dit afgestemd is met het dominante landgebruik in de polder (landbouw) en de daarbij horende gewenste waterstanden. Met de verwachte bodemdaling is onduidelijk hoe de belangen van de bewoners afgestemd gaan worden met die van de omliggende landbouwers.

Een van de respondenten geeft aan dat bodemdaling geen probleem is voor stadslandbouw (tot een grens). Als daardoor de grondwaterstand hoger komt, kan dit verholpen worden door bemaling in combinatie met extra drainagebuizen.

Grondbeheerders van de gemeente Amsterdam noemen als probleem van bodemdaling dat de 90 cm drooglegging die nodig is voor bouw of herontwikkeling in een gebied niet gehaald wordt. Ook het optreden van hoogteverschillen tussen kavels als gevolg van verschillen in ophoging of in opbouw van de ondergrond wordt als een probleem gezien. Verschillen in ophoging in transformatiegebieden ontstaan bijvoorbeeld doordat de gemeente Amsterdam geen zeggenschap heeft over de ophoging van in erfpacht uitgegeven percelen.

4.4 Stadslandbouw

Voor stadslandbouw moet de bodem van voldoende kwaliteit zijn om productie mogelijk te maken ('bodemvruchtbaarheid'), en om voedselgewassen te telen die veilig gegeten kunnen worden ('bodemverontreiniging', met name voor stoffen als lood en andere metalen (Otte, Römken, Rietra, & Lijzen, 2012) (Römken & Rietra, 2011)). In aanvulling daarop geven respondenten aan dat voor stadslandbouw de bodem de volgende kenmerken moet hebben:

- Het onkruid dat uit/op de bodem groeit moet hanteerbaar zijn;
- De bodem moet een goede draagkracht hebben;
- De bodem moet geen verschijnselen van kwel hebben;
- Biologische bodemeigenschappen die nodig zijn voor gewasgroei moeten aanwezig zijn.

Onkruid is een probleem voor stadslandbouw volgens biologisch-dynamische principes en voor permacultuur in voedselbossen en -tuinen. Het komt deels voort uit zaadbanken van onkruid die gevormd zijn tijdens het vorige gebruik van de grond.

Ondergrondverdichting werd genoemd als een probleem voor terreinen waarop minder diep geploegd wordt dan bij voormalig traditioneel gebruik voor akkerbouw. De ondergrondverdichting treedt dan op tussen de ondiepe en traditionele ploegdiepten (16-25 cm onder maaiveld).

Particuliere kavels in de gemeente Almere waarop geen zand is opgebracht voorafgaand aan bebouwing of tuinaanleg zijn soms slecht doorlatend en informatie over biologisch functioneren van deze bodems ontbreekt. De gemeente wil advies over bodemverbetering kunnen geven aan eigenaren.

¹⁴ De term 'zetting' wordt voor stedelijk gebied vaak gebruikt voor consolidatie, ofwel het compacteren van slappe klei- en veengronden door bovenbelasting.

Op lagergelegen kavels aan de rand van Almere met veen in de grond treedt kwel op, waardoor de grond drassig wordt in de herfst en de draagkracht voor landbouwmachines laag is. Op kavels met een hogere dichtheid aan drainagebuizen is de gewasopbrengst van stadslandbouw aantoonbaar hoger.

Een vraagstuk voor beheerders van stadsboerderijen en voedseltuinen in en om de stad is of grondverbetering nodig is. Op terreinen in de Flevopolder is het organische stofgehalte laag. Eigenaren hebben behoefte aan gerichte bodemverbeteringsmaatregelen om zowel de fysische bewerkbaarheid als de biologische activiteit te verbeteren. Deels wordt dit al ondervangen door pragmatische keuzes zoals het gebruik van compost en groenbemesters. Op kavels met een lagere biologische bodemkwaliteit is beregening nodig in een droge zomer.

Eigenaren van voedseltuinen en -bossen in stedelijk gebied kijken naar de inpassing van dit bodemgebruik in de aanwezige omgeving. Voor terreinen in de stad gaat het hierbij om de toevoer van koolstofrijke materialen, zoals compost, gft-afval en houtsnippers afkomstig uit de stad. Voedselbossen in de nabijheid van bospercelen bieden de mogelijkheid om gebruik te maken van de natuurlijke boshabitat voor het maken van een gradiënt van het oude bestaande bos naar het nieuwe, op voormalige akkergrond gelegen en aangelegde voedselbos (Figuur 14). Daarbij kan samenwerking gezocht worden met de beheerder van de bospercelen (Staatsbosbeheer rondom Almere), bijvoorbeeld door het leveren van houtsnippers of in een gezamenlijk beheer van de bosrand, wat op zijn beurt weer bijdraagt aan circulariteit in grondstoffen en biodiversiteit.



Figuur 14 Conventioneel akkerland (boven) en invulling stadslandbouw met voedselbos aan bestaand bosperceel in Oosterwold (onder) (Foto's: P. Römken).

Vragen die hierbij aan de orde komen, zijn onder meer in welke mate een (groeïend) bos bijdraagt aan CO₂-vastlegging in de bodem en in welke mate stadslandbouw rendabel is. Vooral nog komen dit soort waarderingen van de rol van de bodem (CO₂-vastlegging, warmtehuishouding, waterberging, maar ook recreatie) nog niet tot uiting in een financiële beoordeling van het landgebruik. Uit de interviews bleek echter dat bewoners en beheerders van voedseltuinen een integrale visie op duurzaamheid hanteren, waarbij een brede blik op milieueffecten past.

4.5 Verontreinigingen in bodem en water

Verontreinigingen in de bodem zijn relevant voor de aanleg van groeiplaatsen voor straatbomen. Als deze worden aangetroffen, moet de vervuilde grond worden afgevoerd op grond van de zorgplicht in de Wet bodembescherming, ook al is er geen gevaar voor de volksgezondheid of voor de groei van de bomen. Grond afvoeren is kostbaar.

Er zijn veel saneringsvraagstukken in Amsterdam: de loodproblematiek is weer actueel. Binnen de Ring A10 is de functie stedelijk wonen, waarvoor eisen gelden voor o.a. het loodgehalte van de bodem. Tegelijkertijd biedt de gemeente subsidie op het verbeteren van tuinen.

Eigenaren van kavels in ontwikkelingsgebied Oosterwold willen graag inzicht in de kwaliteit van het afvalwater van hun kavels, omdat zij zelf moeten zorg dragen voor de waterzuivering. Sommige gebruiken hiervoor een lozing via een septic tank, naar een helofytenfilter en een vijver, en van daar naar het grondwater. Ze willen de waterkwaliteit van het effluent graag zelf kunnen meten. Eigenaren willen graag samenwerken en faciliteren dat er een gemeenschappelijk monitoringssysteem komt voor het effluent van de kavels.

De kwaliteit van de waterzuivering op de kavels wordt beoordeeld door de verantwoordelijke overheden. Er is een aantal factoren die vraagstukken opleveren voor eigenaren. Deze hebben te maken met de bodem en het gebruik ervan. De waterkwaliteit wordt bepaald door zowel het lokale grondgebruik als de naastgelegen reguliere akkerbouw, maar ook door de belasting van de bodem in het verleden, voorafgaand aan de ingebruikname van de kavel door de eigenaar. De beoordeling van de waterkwaliteit van het effluent houdt geen rekening met de gebruiksvormen (landbouw of bewoning) en gebeurt volgens aparte normstelsels (waterschap en waterzuivering versus Mestwet).

Bij gebruikers van een helofytenfilter wordt de waterkwaliteit beoordeeld op het water dat uit de helofytenfilter komt. Eigenaren willen echter graag weten wat het nazuiverende effect is van de vijver als ecosysteem. Een laag waterverbruik door bewoners kan bovendien leiden tot hoge concentraties van stoffen in effluent, zonder dat deze noodzakelijk belastend zijn voor het milieu.

Gemeente Almere wil graag weten wat de samenstelling van de verwachte kwel van het grondwater is, en welk effect deze kwel dan heeft op de samenstelling van het oppervlaktewater. Stoffen waar het om gaat, zijn onder andere ijzer, zwavel, arseen en zout.

4.6 Ruimtelijke inrichting

Vraagstukken rondom ruimtelijke inrichting van stad en randzones werden door meerdere respondenten genoemd. Er ontstaat druk op de beschikbare ruimte in de stad, boven- en ondergronds, omdat de stad aan het verdichten is (inbreiding) als gevolg van het beleid om diffuse stadsuitbreiding rondom de steden te verminderen. Dit betekent echter ook dat de ruimte voor vergroening van het bebouwde gebied wordt ingeperkt. Voor nieuwe woningen op plekken in de bestaande stad zijn aanpassingen nodig aan infrastructuur en groenvoorzieningen.

In de ondergrond ontstaat druk op de ruimte doordat steeds meer objecten, kabels en leidingen ondergronds geplaatst moeten worden, maar ook groeiplaatsen voor stadsbomen en ander stedelijk groen. Gemeentelijke afdelingen kunnen echter niet bij alle informatie van de ondergrond, bijvoorbeeld de informatie die verzameld wordt door particulieren. Daarbij komt dat informatie over bodem en ondergrond in de stad vaak niet uitwisselbaar is tussen de bodeminformatiesystemen of niet in één loket beschikbaar is.

De druk op de ruimte voor de bodem als drager van allerlei objecten en voorzieningen (gebouwen en infrastructuur, groen, recreatieterreinen) vraagt volgens respondenten om regie, integraal ontwerp en beheer van ruimtegebruik in de ondergrond en om slimme koppelingen van functies. Een voorbeeld van het laatste is de plaatsing van boxen voor afval, ontvangst van goederen en brandstofcellen bij

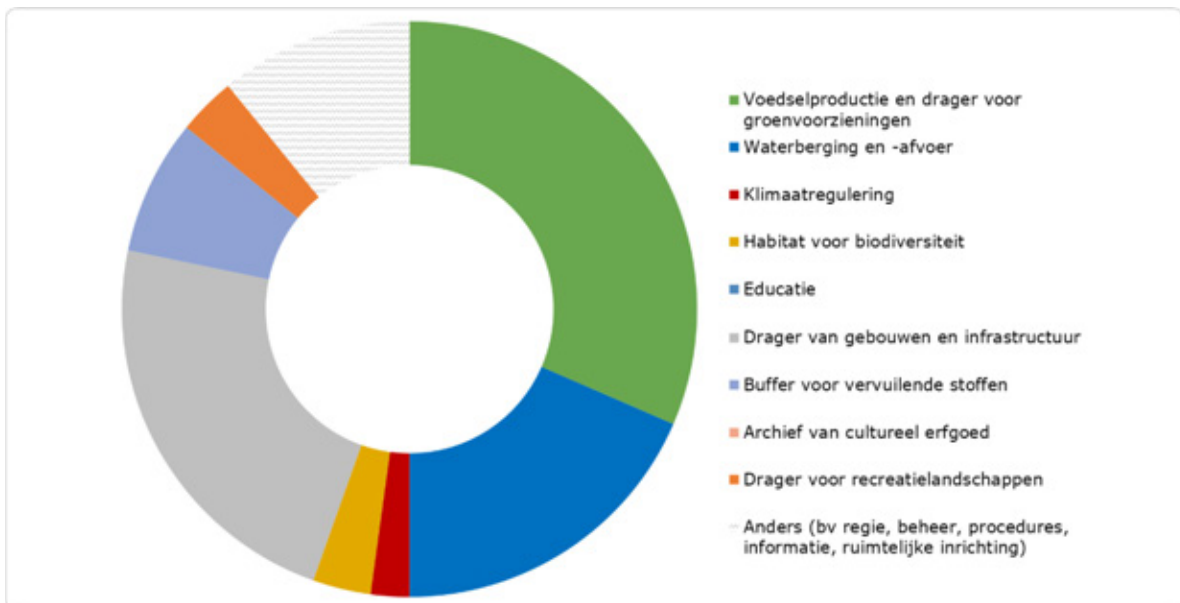
kademuren. Ook wil men hergebruik van grond die vrijkomt bij graafwerkzaamheden (als bouwstof) mogelijk maken.

In het ontwikkelingsgebied Oosterwold maken eigenaren van kavels zelf ontwerpen voor woonerf en bijbehorende infrastructuur, onder meer voor de afvoer van afvalwater. Beoordelingsprocedures voor vergunningaanvragen duren lang, omdat voor sommige ontwerpen nog geen of deels tegenstrijdige criteria bestaan. Een voorbeeld is het verwerken van fecaliën. Indien deze via een helofytenfilter 'verwerkt' worden, vindt indirecte beoordeling plaats, omdat het uittredende water gemonitord wordt. De beoordeling valt daarmee onder verantwoordelijkheid van het waterschap. Echter, wanneer bewoners ervoor kiezen fecaliën te recirculeren op de bodem (als 'meststof') valt dit buiten de beoordeling van waterschap en/of gemeente. Deze laatste partij heeft in dat geval namelijk geen beoordelingskader om de wenselijkheid van deze manier van 'zuivering' te beoordelen.

4.7 Relatie met bodemfuncties

We hebben gekeken naar de bodemfuncties waarmee de door de respondenten genoemde vraagstukken een relatie hebben. De meeste vraagstukken hebben betrekking op de functies 'Voedselproductie en drager voor groenvoorzieningen', 'Drager van gebouwen en infrastructuur' en 'Waterberging en -afvoer' (Figuur 15).

Enkele functies die wel naar voren kwamen in de literatuurstudie en in de Ruimtelijk-economische Actie-Agenda 2016-2020 werden niet of nauwelijks genoemd door de respondenten: educatie, archief van cultureel erfgoed, maar ook het leveren van zoet water en energie, en de opslagfunctie voor grondstoffen en afval.



Figuur 15 Frequentie van vraagstukken in stedelijk gebied genoemd door respondenten, ingedeeld naar bodemfunctie.

5 Resultaten van de interviews: gewenste informatie

De respondenten van de interviews noemden in totaal 62 elementen van bodeminformatie die zij nodig hebben voor het uitvoeren van hun taken als overheid, terreinbeheerder, eigenaar of adviseur. De elementen worden hieronder samengevat in vijf categorieën, samen met indicaties die respondenten gaven voor de gewenste vorm van de informatie. Respondenten gaven ook aan behoefte te hebben aan informatie die in meerdere categorieën valt, zoals bodeminformatie van de ring van Amsterdam en van waterbodems. Voor de parken in Amsterdam werd een nulmeting genoemd als gewenst, met basisinformatie van alle parken, op basis waarvan parken geïdentificeerd kunnen worden die er slecht uitzien en die aangepakt moeten worden. De volledige lijst van de door de respondenten genoemde bodeminformatie is opgenomen in Bijlage 2.

5.1 Lokale bodemopbouw

Informatie over de lokale bodemopbouw, de samenstelling van lagen en het type substraat is nodig om te kunnen bepalen op welke diepte een veenpakket ligt, tot op welke diepte fundering moet komen of voor het bouwrijp maken van een kavel, om actuele ophogingen te bepalen of ophogingen in het verleden. Deze categorie omvat ook gedetailleerde informatie over de ligging van stroomgeulen en over de dikte en het gewicht van de deklaag op terrein met risico op opbarsting van grondwater.

Gewenste vorm van de informatie

- Gedetailleerde informatie op een ruimtelijke resolutie van 1-5 m, in een database waarin ook informatie verzameld wordt die vrijkomt bij graafwerkzaamheden door ingenieursbureaus.
- Gegevens voor punten en vlakken in de vorm van kaarten.
- Automatische voorziening voor het uitkarteren van bestaande informatie over bodem en ondergrond.

5.2 Waterdoorlatendheid en -dynamiek, draagkracht

Informatie over waterdoorlatendheid en gedrag van water in de bodem en draagkracht is nodig voor het bouwen en ontwikkelen van gebieden, bijvoorbeeld voormalige landbouwgronden waarop een laag zand is aangebracht voor bebouwing. Daarnaast is deze informatie nodig voor vervangingsprogramma's van bomen, kademuren en bruggen en voor het ontwerp en onderhoud van groeiplaatsen voor straatbomen en parkbeplanting.

Gewenste vorm van de informatie

- Gedetailleerde informatie op straatniveau (10-20 m); informatie uit peilfilters in de stad is niet specifiek genoeg.
- Gespecificeerd voor twee uitgangssituaties van groenvoorzieningen in Almere: opgehoogd terrein en de voormalige zeebodem.

5.3 Bodemdaling, zetting, verdichting

Informatie over bodemdaling en zetting in stedelijk gebied is gewenst om keuzes te maken over de omgang met grond daling (bouwpeil, ophogen of niet), in het bijzonder:

- De ligging van zettingsgevoelige lagen;
- De mate waarin de grond zal gaan zakken en het aandeel van rijping daarin;
- Welke maatregelen het effectiefst en toepasbaar zijn om bodemdaling tegen te gaan.

Voor stadsparken, bomen en andere groenvoorzieningen is informatie over bodemverdichting gewenst, in Almere ook over de mate van rijping van de klei in en om groeiplaatsen.

Gewenste vorm van de informatie

- Vlakdekkende informatie op een fijne temporele en ruimtelijke resolutie, straatniveau (10-20 m), in publieksvriendelijke vorm. De landelijke zettingskaart is te grof. Gegevens over zetting en zettingsvoorspellingen zijn niet beschikbaar in het DINOLoket (<https://www.dinoloket.nl/>).
- Informatie over bodemdaling gespecificeerd voor twee uitgangssituaties van groenvoorzieningen in Almere: opgehoogd terrein en de voormalige zeebodem.

5.4 Metalen en andere stoffen in bodem en water

- Informatie over historische en actuele vervuiling van de bodem is nodig om de risico's voor de volksgezondheid in te schatten van aanleg of onderhoud aan bouwwerken, infrastructuur of beplanting. Ook om inzicht te geven in mogelijkheden voor afbraak of vastlegging van contaminanten door planten en bodemfauna (o.a. schimmels, bacteriën).
- Informatie over de gehalten aan verontreinigingen in uitgegraven grond is nodig voor het beoordelen van de mogelijkheid tot hergebruik.
- Informatie over waterkwaliteit is gewenst voor opwellend grondwater. Relevante stoffen waar het om gaat, zijn met name ijzer, zwavel, arseen en zout.
- Informatie over de waterkwaliteit is gewenst in geval van lokale waterafvoer van particuliere kavels die zelf verantwoordelijk zijn voor zuivering (Oosterwold).
- Zoutgehalte in bodemprofiel en grondwater (Almere).

Gewenste vorm van de informatie

- Een methode voor in-situbepaling van grondsamenstelling bij graafwerkzaamheden voor objecten en stadsgroen.
- Zoutgehalte in bodemprofiel en grondwater als component van een index van bodemkenmerken om te beoordelen of een bodem geschikt is voor een bepaald gebruik.

5.5 Biologisch functioneren van de bodem

Informatie over het biologisch functioneren en gedrag van de bodem is gewenst om de geschiktheid voor de groei van park- en straatbomen, gewassen en andere beplanting in te schatten en aan te passen, of om risicoplekken in te schatten voor schade van boomwortels aan panden en infrastructuur. De volgende typen informatie werden genoemd:

- Zuurstofcondities in de bodem
- Zuurgraad
- Informatie over (gesteldheid van) bodemleven en voedselweb, specifiek: 1. is bodemleven in goede of slechte conditie voor groen? 2. welke maatregelen zijn denkbaar om de biologische activiteit te stimuleren?
- Rottingsprocessen in groeiplaatsen
- Ondergronds volume van boomwortels
- Gehalte aan bodemorganische stof, ouderdom en stabiliteit van de bodemorganische stof, en aandeel humus
- Vastlegging van koolstof (in bodems van voedselbossen)
- Onkruidhistorie van de bodem: van welke onkruiden zit zaad in de grond?
- Informatie over geschiktheid van mycorrhiza's voor combinaties van boomsoort en grond en werking ervan

Gewenste vorm van de informatie

- Indicatoren van de biologische kwaliteit van de bodem: respondenten geven aan dat er onvoldoende indicatoren zijn voor de biologische bodemkwaliteit.

-
- Informatie over gesteldheid van bodemleven voor bomen en andere groenvoorzieningen: idealiter voorafgaand aan beplanting.
 - Richtlijnen voor het stimuleren van de biologische activiteit in de bodem en voor welke planten daaraan kunnen bijdragen.
 - Een DNA-bank van onkruiden.

5.6 Gewenste vorm van bodeminformatie

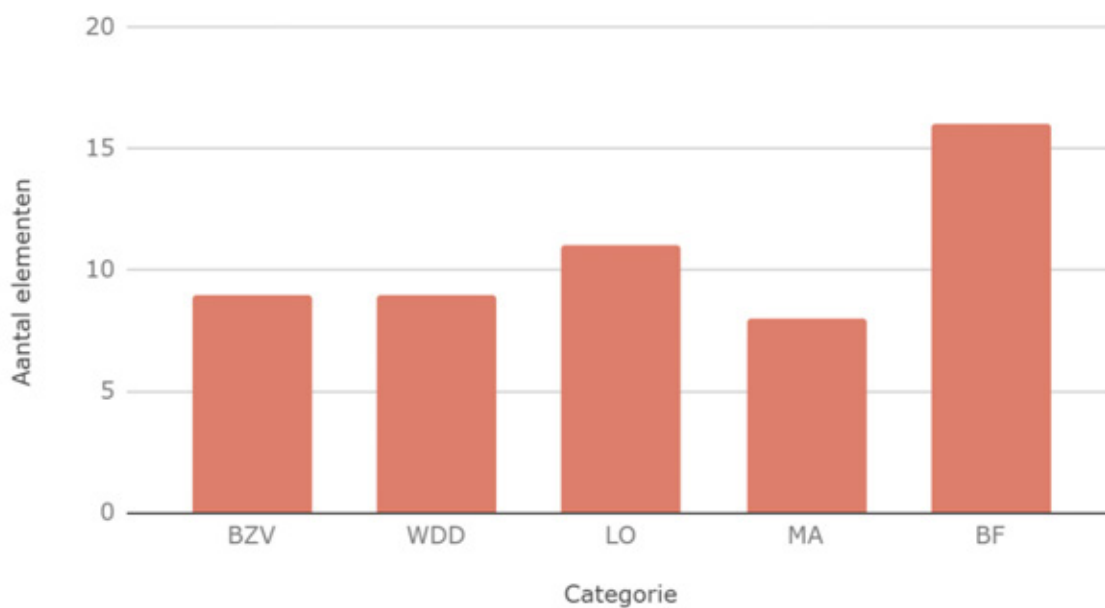
De respondenten gaven ook aanwijzingen voor de gewenste vorm van bodeminformatie die in verschillende van de bovengenoemde categorieën valt:

- Een structurele inwinning en koppeling van fysische en chemische informatie over bodem en grondwater uit sonderingen en peilbuizen in regionale systemen en tussen bestanden.
- Aanbod van informatie uit bodemonderzoek in de vorm van *digital twin*.
- Thematische kaarten als ingang voor onderliggende bodeminformatie; een visuele ingang via kaarten is voor alle vormen van bodem- en ondergrondinformatie gewenst.
- Een set of index van meetbare kenmerken voor de functionaliteit van de bodem, die – uitgedrukt in cijfers – kunnen laten zien wat er met een bodem gebeurt als je het beheer ervan verandert, en een daaraan gekoppeld advies van maatregelen voor bodembeheer.
- Inzicht in de geactualiseerde bodemkaart van Flevoland.
- Informatie in web-based vorm, toegankelijk vanaf een mobiel apparaat en desktop, zodat groenbeheerders op gemelde locaties kunnen raadplegen.
- De informatie moet onderscheid maken tussen de twee verschillende uitgangssituaties van groenvoorzieningen in Almere: in opgehoogd terrein en op de voormalige zeebodem.
- Visueel goed opgemaakte rapportages met voor alle partijen begrijpelijke informatie.
- Een systeem van open data, waarin adviesrapporten over specifieke plaatsen van groenvoorzieningen toegankelijk zijn en gecombineerd kunnen worden om een totaaloverzicht te krijgen van de situatie in de gemeente.

5.7 Discussie

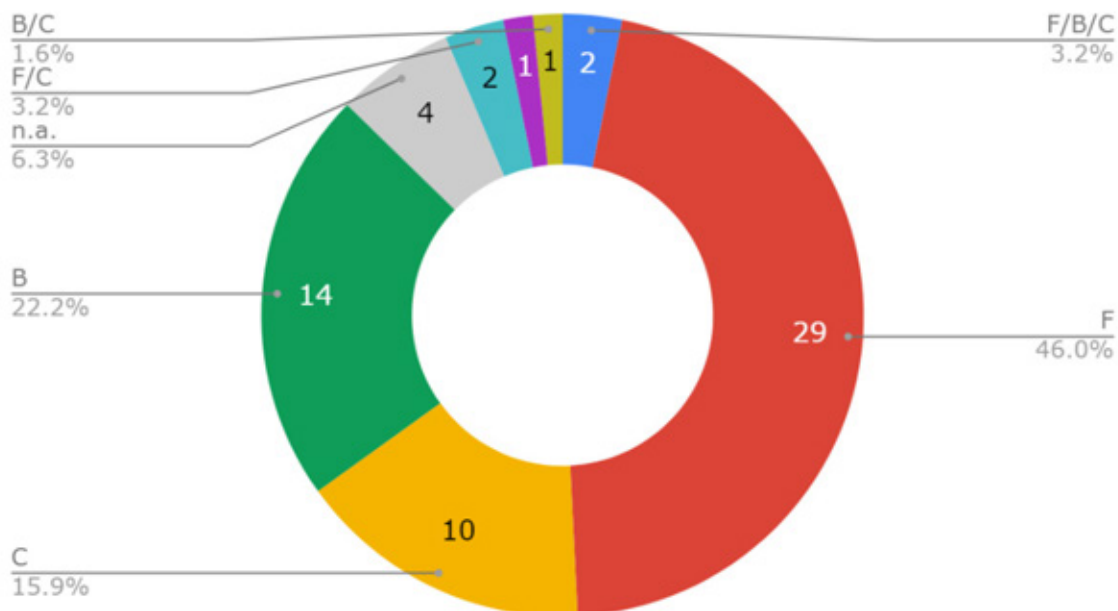
De meeste gevraagde elementen van bodeminformatie hebben betrekking op het biologisch functioneren van de bodem (BF, Figuur 16). Voor de andere categorieën is de verdeling redelijk evenwichtig. Bijna de helft van de elementen heeft betrekking op fysische eigenschappen van het bodem-watersysteem (Figuur 17).

Gewenste bodeminformatie



Figuur 16 Aantallen elementen in categorieën van bodeminformatie genoemd als gewenst door respondenten. BZV: Bodemdaling, zetting, verdichting, WDD: Waterdoorlatendheid en -dynamiek, draagkracht, LO: Lokale bodemopbouw, MA: Metalen en andere stoffen in bodem en water, en BF: Biologisch functioneren.

Bodemeigenschappen genoemd door respondenten



Figuur 17 Typering van bodemeigenschappen genoemd door respondenten. F: fysisch, B: biologisch, C: chemisch, n.a.: anders dan F, B of C (bijvoorbeeld economisch). De cijfers geven aantallen eigenschappen per categorie.

6 Conclusies

Een goed functionerende bodem is noodzakelijk voor de ontwikkeling en ambities van de Metropoolregio Amsterdam. In de gebouwde omgeving in en om de stadskernen zijn er grote vraagstukken waarin de bodem een rol speelt, zoals het verzakken van gebouwen, parken en constructies, ruimtegebrek in de ondergrond, slecht functionerende groenvoorzieningen en een toename van wateroverlast.

In stedelijk gebied blijken verschillende functies van de bodem relevant om de fysieke leefomgeving te laten voldoen aan maatschappelijke en economische activiteiten en behoeften: voedselproductie en drager voor groenvoorzieningen (1), waterberging en -afvoer (2), klimaatregulering (3), het bieden van een habitat voor biodiversiteit (4), het dragen van gebouwen en infrastructuur (5), het bufferen van vervuilende stoffen (6), het functioneren als een archief van cultureel erfgoed (7) en het dragen van recreatielandschappen in en om de stad (8).

Methoden omschreven in de literatuur voor het beoordelen van het functioneren van de bodem richten zich veelal op het functioneren voor landbouw en plantengroei. Daar waar een relatie wordt gelegd met stedelijk gebied gaat de beoordeling vaak over het verlies van bodemfuncties als grond in gebruik wordt genomen voor activiteiten en behoeften in en om de stad. Dit wordt verondersteld automatisch te leiden tot een verminderde levering van ecosysteemdiensten. De literatuurstudie en de interviews toonden echter aan dat de bodem in de stad diverse functies kan leveren die gevraagd worden in stedelijk gebied, en soms op dezelfde plek.

Uit de gesprekken met terreinbeheerders, overheden en eigenaren kwamen zes clusters van vraagstukken in en om de stad naar voren, waarvoor zij bodeminformatie nodig hebben: schade aan civieltechnische werken, draagkracht en complex watergedrag; groen in de stad, waterberging, klimaatadaptatie; bodemdaling; stadslandbouw; verontreinigingen in bodem en water en ruimtelijke inrichting. De meeste vraagstukken hebben een relatie met de bodemfuncties *Voedselproductie en drager voor groenvoorzieningen*, *Drager van gebouwen en infrastructuur* en *Waterberging en -afvoer*.

Beheerders en gebruikers van de bodem blijken een groot aantal elementen van bodeminformatie nodig te hebben voor het uitvoeren van hun taken in hun rol van overheid, terreinbeheerder, eigenaar of adviseur. Deze informatie betreft de lokale bodemopbouw, de waterdoorlatendheid en -dynamiek en draagkracht van de bodem. Daarnaast gaven de respondenten aan informatie nodig te hebben over bodemdaling, zetting en verdichting, over het vóórkomen en gedrag van metalen en andere stoffen in bodem en water, en over het biologisch functioneren van de bodem. De gewenste informatie heeft grotendeels betrekking op de fysische eigenschappen van het bodem-watersysteem die bepalend zijn voor de functies *Drager van gebouwen en infrastructuur* en *Waterberging en -afvoer*.

Gegevens over bodem en grondwater zijn voor terreinbeheerders wel beschikbaar, maar niet altijd in een gebruiksvriendelijke vorm. Daarnaast blijkt dat deze informatie vaak verspreid is over verschillende databestanden. Er is daarom vooral ook behoefte aan een structurele inwinning van fysische en chemische informatie over bodem en grondwater uit sonderingen en peilbuizen in regionale systemen, en aan koppeling van bestanden.

Groenbeheerders geven aan behoefte te hebben aan een systeem van open data. Hierin zouden onder meer adviesrapporten over specifieke plaatsen van groenvoorzieningen toegankelijk moeten zijn. Ook zouden deze te combineren moeten zijn om zo een totaaloverzicht te krijgen van de situatie in de gemeente.

Andere gevraagde vormen van presentatie van bodeminformatie zijn *digital twins* en thematische kaarten als ingang voor onderliggende bodeminformatie. Dit laatste is overigens ook een doel van de Landelijke Voorziening BRO, maar kennelijk wordt de realisatie daarvan nog onvoldoende gevonden door gebruikers.

Terrein- en groenbeheerders willen graag informatie in web-based vorm, die toegankelijk is vanaf een mobiel apparaat op locaties van meldingen. Er is behoefte aan visueel goed opgemaakte rapportages met voor alle partijen begrijpelijke informatie.

Literatuur

- Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions. (2017). *Verslag Expertmeeting Stedelijk Groen, Amsterdam*. Amsterdam.
- Batenburg, W. (2016). Verdichting meten van boomsubstraat. *Stad En Groen*, 58–60. Retrieved from <https://www.stad-en-groen.nl/upload/artikelen/sg116boomsubstraat.pdf>
- CBS, PBL, RIVM, & WUR. (2009). Belevingskaart van het Nederlandse landschap (indicator 1023). Retrieved from <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1023-belevingskaart-van-het-nederlandse-landschap?ond=20887>
- Coeterier, J. F. (1997). *Een meetinstrument voor de belevingswaarde van landschappen. Onderzoekreeks Nota Landschap nr. 9. Staring-Centrum, Rapport 559*. Wageningen: DLO-Staring Centrum. Retrieved from <https://wur.on.worldcat.org/oclc/68251471>
- College van Rijksadviseurs. (2018). Monitor Landschap: naar een landsdekkend systeem. Advies bij de verkenning monitor landschap. Retrieved from <https://www.collegevanrijksadviseurs.nl/adviezen-publicaties/publicatie/2018/10/11/landschapsmonitoring>
- Erkens, G. (2018). *Verkenning bodemdaling in Midden-Delfland*.
- European Commission. (2016). *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES) - 4th MAES report. Technical Report - 2016 - 102* (Vol. 23). <https://doi.org/10.5751/ES-10054-230216>
- European Commission. (2019). *Urban agenda for the EU Multi-level governance in action*. <https://doi.org/10.2776/14095>
- European Environment Agency. (2016). *Urban adaptation to climate change in Europe. EEA Report No 2/2016*. Retrieved from eea.europa.eu
- European Environment Agency. (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 - An indicator-based report*. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016#tab-figures-used>
- Gehrels, H., Meulen, S. Van Der, Schasfoort, F., Goossens, M., Jacobs, C., Jong, M. De, ... Weijers, E. (2016). Designing green and blue infrastructure to support healthy urban living. *Applied Research Organisation*, (June), 109. Retrieved from <http://www.adaptivecircularcities.com/wp-content/uploads/2016/03/Designing-green-and-blue-infrastructure-to-support-healthy-urban-living.pdf>
- Gemeente Amsterdam. (2017). *Klimaatadaptieve Stedelijke Assets*. Amsterdam.
- Guilland, C., Maron, P. A., Damas, O., & Ranjard, L. (2018). Biodiversity of urban soils for sustainable cities. *Environmental Chemistry Letters*, (May). <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0751-6>
- Hoogeveen, Y. R. ., Beek, H. van der;, Berg, A. E. van den;, Eupen, M. van;, Farjon, H. ., Goossen, C. M. ., ... Steenvoorden, J.H.A.M.; Vreke, J. (2000). *Proef op de zon. Indicatoren voor de kwaliteit van de groene ruimte. Alterra-rapport 59*. Wageningen. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/78885>
- Hutcheon, R. J., Johnson, R. H., Lowry, W. P., Black, C. H., & Hadley, D. (1967). observations of the urban heat island in a small city. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 48(1), 7–9. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/26248882>
- Kluck, J., Kleerekoper, L., Klok, L., Loeve, R., Bakker, W., & Boogaard, F. (2017). *Onderzoeksprogramma urban technology: de klimaatbestendige wijk: onderzoek voor de praktijk*. Amsterdam: Faculteit Techniek, Hogeschool van Amsterdam. Retrieved from <http://edepot.wur.nl/416133>
- Kluck, J., Loeve, R., Bakker, W., Kleerekoper, L., Rouvoet, M., Wentink, R., ... Boogaard, F. (2017). *Het klimaat past ook in uw straatje: de waarde van klimaatbestendig inrichten: achtergronden*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam. Retrieved from <http://edepot.wur.nl/416236>
- Koomen, A., Nieuwenhuizen, W., & Pedrolì, B. (2018). *Verkenning Monitor Landschap; Naar een robuust en breed gedragen systeem voor monitoring van het landschap. Rapport 2890*. <https://doi.org/10.18174/453013>

- Kumar, K., & Hundal, L. S. (2016). Soil in the City: Sustainably Improving Urban Soils. *Journal of Environment Quality*, 45(1), 2. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0589>
- Liu, L. (2015). *Impact of Mulching in a No-Till System on Soil Quality from DemoGarden Maintained by Urbaniahoeve. Internship Report Wageningen Environmental Research.*
- Madejón, P., Domínguez, M. T., Madejón, E., Cabrera, F., Marañón, T., & Murillo, J. M. (2018). Soil-plant relationships and contamination by trace elements: A review of twenty years of experimentation and monitoring after the Aznalcóllar (SW Spain) mine accident. *Science of The Total Environment*, 625, 50–63. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.12.277>
- Mantel, P., & Gevers, R. (2017). *Hittestress in de bodem. Het effect van klimaatverandering en hittestress op de bodemfuncties. Bachelor scriptie.* Hogeschool Van Hall Larenstein en Sweco Nederland B.V.
- Massop, H. T. L., Clement, J., & Schuiling, C. (2014). *Plassen op het land.* Wageningen. Retrieved from <http://edepot.wur.nl/313588>
- Metropoolregio Amsterdam. (2018). *Ruimtelijk-economische Actie-Agenda 2016-2020.* Amsterdam. Retrieved from <https://www.metropoolregioamsterdam.nl/pagina/20170226-mra-agenda>
- Metropoolregio Amsterdam. (2019a). MRA Waardenkaart. Retrieved from <https://kaarten.mooinoord-holland.nl/viewer/app/MRA>
- Metropoolregio Amsterdam. (2019b). *Werken aan de toekomst Metropoolregio Amsterdam 2019.* (M. Bureau, Ed.). MRA Bureau. Retrieved from www.metropoolregioamsterdam.nl
- Metropoolregio Amsterdam, P. R. O. (2016). *Actieprogramma Metropolitain Landschap.* Amsterdam. Retrieved from <https://www.metropoolregioamsterdam.nl/document/85f728b5-9fc0-4e7c-ad5d-109e6d73c6e6>
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2017). *De opgaven voor de Nationale Omgevingsvisie.* Retrieved from <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnota-s/2017/02/17/de-opgaven-voor-de-nationale-omgevingsvisie>
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, & Ministerie van Economische Zaken. (2017). *Deltaplan Ruimtelijke adaptatie.* Retrieved from <https://deltaprogramma2018.deltacommissaris.nl/viewer/chapter/1/2-deltaprogramma-/chapter/deltaplan-ruimtelijke-adaptatie.html>
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Wet basisregistratie ondergrond (2015). Nederland. Retrieved from <https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0037095&z=2019-04-24&g=2019-04-24%0A>
- Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit. (2018). Brief Bodemstrategie Tweede Kamer. Den Haag: Directoraat-generaal Agro en Natuur.
- Ministerie van Volkshuisvesting, R. O. en M. (2018). Regeling bodemkwaliteit. Retrieved from <https://wetten.overheid.nl/BWBR0023085/2018-11-30>
- Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Wet van 15 december 2005, houdende wijziging van de Wet bodembescherming en enkele andere wetten in verband met wijzigingen in het beleid inzake bodemsaneringen, Staatsblad 651 § (2014). Retrieved from <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2005-680.html>
- Murata, T., & Kawai, N. (2018). Degradation of the urban ecosystem function due to soil sealing: involvement in the heat island phenomenon and hydrologic cycle in the Tokyo metropolitan area. *Soil Science and Plant Nutrition TA - TT -*, 64(2), 145–155. <https://doi.org/10.1080/00380768.2018.1439342> LK - <https://wur.on.worldcat.org/oclc/7474442924>
- Nijburg, C., Roovers, G., & Kooiman, S. (2017). Water, bodem en governance: een introductie van transitie en dilemma's. *Water Governance*, (2), 6–9. Retrieved from <http://edepot.wur.nl/430919>
- Oldenkotte, G. (2017). Hoe groen blauw kan helpen : de zes groene leefomgevingen van morgen besproken. *Stad + Blauw : Hét Vakblad over Water in de Openbare Ruimte*, 1(4), 30–33. Retrieved from <http://edepot.wur.nl/460378>
- Otte, P. F., Römkens, P. F. A. M., Rietra, R. P. J. J., & Lijzen, J. P. A. (2012). *Bodemverontreiniging en de opname van lood door moestuingewassen : risico's van lood door bodemverontreiniging.* Bilthoven: RIVM. Retrieved from <http://edepot.wur.nl/209988>
- Pols, L., Bijlsma, L., Breedijk, M., & Van Schie, M. (2018). *Stadsranden. Schakelzones tussen stad en land.* Den Haag: PBL Planbureau voor de Leefomgeving. Retrieved from <https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2018-stadsranden-schakelzones-tussen-stad-en-land-3158.pdf>

-
- Rawlins, B. G., Harris, J., Price, S., & Bartlett, M. (2015). A review of climate change impacts on urban soil functions with examples and policy insights from England, UK. *Soil Use and Management*, 31(S1), 46–61. <https://doi.org/10.1111/sum.12079>
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2018). Risico's van bodemverontreiniging. Retrieved from <https://www.rivm.nl/risico-s-van-bodemverontreiniging>
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2019). Bodeminterventiewaarden. Retrieved from <https://rvs.rivm.nl/normen/milieu/bodeminterventiewaarden>
- Rijkswaterstaat. (n.d.). Kenniscentrum InfoMil. Retrieved June 20, 2019, from www.infomil.nl
- Römkens, P. (2011). *Zware metalen in bodem en gewas in de volkstuin aan de Albrecht Rodenbachhof*. Wageningen.
- Römkens, P., & Rietra, R. (2011). *Lood in bodem en gewas in volkstuincomplexen in Leiden. Locatie-specifiek onderzoek naar de risico's van bodemverontreiniging. Alterra-rapport 2255*. Wageningen: Alterra. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/191694>
- Roos-Klein Lankhorst, J., de Vries, S., Buijs, A. E., van den Berg, A. E., Bloemmen, M. H. I., & Schuiling, C. (2005). *BelevingsGIS versie 2. Waardering van het Nederlandse landschap door de bevolking op kaart. Alterra-rapport 1138*. Wageningen: Alterra. Retrieved from <http://www2.alterra.wur.nl/Webdocs/PDFFiles/Alterrarapporten/AlterraRapport1138.pdf>
- Rutgers, M., & et al. (2014). *Een indicatorsysteem voor ecosysteemdiensten van de bodem Life support functions revisited. RIVM Rapport 2014-0145*. Retrieved from <http://www.louisbolk.org/downloads/2979.pdf>
- Schnoor, J. L., Light, L. A., McCutcheon, S. C., Wolfe, N. L., & Carreia, L. H. (1995). Phytoremediation of organic and nutrient contaminants. *Environmental Science & Technology*, 29(7), 318A-323A. <https://doi.org/10.1021/es00007a002>
- Stichting Climate Adaptation Services. (n.d.). Klimaat Effect Atlas. Retrieved April 11, 2019, from <http://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>
- Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer - AS SIKB 3000. (2013). *Laboratoriumanalyses voor grond-, waterbodem-en grondwateronderzoek AS SIKB 3000*. Gouda. Retrieved from www.rva.nl
- Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. (2018). *Hoe werkt het stedelijk watersysteem?: en hoe kun je de werking verbeteren?* Amersfoort : STOWAvideo. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=ai1dVYdcvVk>
- Stoffer, B. (2016). Stadsparken: oude vorm, nieuwe functie. *Stad En Groen*, 56–57. Retrieved from <https://www.stad-en-groen.nl/upload/artikelen/sg516stadsparkenoudevormnieuwefunctie.pdf>
- United Nations. (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. Retrieved from <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>
- United States Department of Agriculture. (2000). *Heavy Metal Soil Contamination*. Retrieved from https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053279.pdf
- United States Department of Agriculture. (2018). *Urban Soils in Agriculture*. Retrieved from https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcseprd1375814.pdf
- van den Elsen, E., Knotters, M., Heinen, M., Bloem, J., & Korthals, G. (2019). *Noodzakelijke indicatoren voor de beoordeling van de gezondheid van Nederlandse landbouwbodems*. Wageningen. Retrieved from <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/475874>
- Van der Schans, J. W. (2015). *SUPURBFOOD towards sustainable modes of urban and peri-urban food provisioning : overview report Rotterdam City region LK - https://wur.on.worldcat.org/oclc/1027722530 (NV-1 o)*. Den Haag: LEI Wageningen UR. Retrieved from <http://edepot.wur.nl/443120>
- Van der Schans, J. W., & Klein Gebbink, S. A. (2014). Regionaal voedsel in Arnhem : naar meer regionaal voedsel in Arnhem LK - <https://wur.on.worldcat.org/oclc/869852892>. Wageningen: Wageningen UR, Wetenschapswinkel. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/292604>
- van der Wel, N., & Roos, R. (2010). *Ontdek de stadsbodem : over oude en nieuwe bodems en de diensten die ze vervullen*. Amsterdam SE - 95 p. : ill. ; 25 cm: NatuurMedia.
- van Luijtelaar, H. (Stichting R., & Goedbloed, D. (Amsterdam R. (2018). *Stresstest regenwateroverlast enkele aandachtspunten*. Retrieved December 26, 2018, from <https://www.riool.net/stresstest-regenwateroverlast-enkele-aandachtspunten>

-
- Vasenev, V. I., Van Oudenhoven, A. P. E., Romzaykina, O. N., & Hajiaghaeva, R. A. (2018). The Ecological Functions and Ecosystem Services of Urban and Technogenic Soils: from Theory to Practice (A Review). *Eurasian Soil Science*, 51(10), 1119–1132.
<https://doi.org/10.1134/S1064229318100137>
- Waterspiegel. (2019). De Grote kabel- en leidingchallenge. *Waterspiegel / Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland*, 22(1), 28–31. Retrieved from <http://edepot.wur.nl/474260>
- Willemse, N. W. (2017). *Stedelijke ontwikkeling en bodemdaling in en rondom Gouda : een synthese van drie onderzoeken naar de relatie tussen (stedelijke) ontwikkelingen en bodemdaling*. Gouda: Coalitie Sterke Stad op Slappe Bodem. Retrieved from <http://edepot.wur.nl/441521>
- Zuithof, M. (2017). Waterbeheer centraal in klimaatadaptatieve stad : voorloper Enschede : klimaatadaptatie. *Vitale Groene Stad : Inspiratiebron Voor Infra, Bouw, Groen*, (02), 35–37. Retrieved from <http://edepot.wur.nl/451396>

Bijlage 1 Vragenlijst voor interview 'Informatiebehoefte bodem in de Metropoolregio Amsterdam'

Naam respondent:

Organisatie:

Functie:

Datum interview:

Interviewer:

Versie interviewverslag:

Vraag 1

Voor welke vraagstukken heeft uw organisatie informatie nodig over de bodem en ondergrond in het gebied in de Metropoolregio Amsterdam (MRA)?

U kunt bijvoorbeeld denken aan bodemdaling, conditie van stadsgroen, wateroverlast of juist droogte, opslag van water, stoffen of energie, bebouwing, vervuiling.

Vraag 2

Bent u bekend met de term 'bodemgezondheid'? Wat verstaat u daaronder?

Vraag 3

Welke informatie over de bodem of bodemgegevens heeft uw organisatie nodig?

U kunt bijvoorbeeld denken aan hoe diep een zandlaag zit, hoe diep het grondwater is, hoe geschikt de bodem is voor het telen van gewassen of voor beplanting t.b.v. natuur of recreatiedoeleinden.

Het gaat nadrukkelijk om aspecten van bodemkwaliteit, niet om civieltechnische eigenschappen van de bodem die van belang zijn voor het bouwen van boven- en ondergrondse gebouwen en infrastructuur.

Vraag 4

In welke vorm is deze informatie of zijn deze gegevens het best bruikbaar voor uw organisatie?

U kunt bijvoorbeeld denken aan een index die de geschiktheid van locaties in het gebied aangeeft voor verschillend bodemgebruik (woningbouw, recreatie) (een voorbeeld voor de landbouw is te zien op www.soilhealthindex.nl), kaarten met gebieden in de MRA die regelmatig last hebben van opwellend zout water (GIS), etc.).

Vraag 5

Heeft uw organisatie de mogelijkheid en belangstelling om locaties aan te bieden voor het verzamelen van bodemgegevens?

Het project heeft een netwerk van 'Living Labs', locaties in en buiten steden met een specifiek landgebruik, waar men te maken heeft met problemen of vragen over het functioneren van de bodem. Op deze locaties worden gegevens verzameld die gebruikt worden om een index voor de bodemgezondheid in stedelijk gebied te ontwikkelen.

Vraag 6

Op welke manier zou u betrokken willen blijven bij dit project?

Bijvoorbeeld door deelname in de klankbordgroep van bodemgebruikers voor het project, door deelname aan de workshops van het project, of door het ondersteunen van gegevensverzameling in een of meer locaties voor het netwerk van 'Living Labs'. U kunt uiteraard andere mogelijkheden noemen.

Bijlage 2 Bodeminformatie gevraagd door respondenten

Organisatie	Categorie	Bodem informatie	F/B/C ¹⁵	Opmerkingen	Gewenste vorm van de informatie
Gemeente	BZV ¹⁶	Vlakdekkende informatie over bodemdaling in stedelijk gebied	F	Met een hogere temporele resolutie dan het AHN (inwijken 2009 en 2016 voor Flevoland, red.)	Vlakdekkend, temporeel
Partner binnen gemeente in grond-, weg- en waterbouw	WDD ¹⁷	Draagkracht, grondwaterdynamiek	F		
	LO ¹⁸	Ligging veenpakket	F		
	LO	Bodemopbouw	F		
	MA ¹⁹	Historische en actuele vervuiling	C		
	BF ²⁰	Zuurstofcondities in de bodem	C		
	BF	Zuurgraad van de bodem	C		
	BF	Informatie over bodemleven	B		
		Elektrische weerstand van de bodem	F		
Gemeente	WDD	Waterdoorlaatbaarheid (zand vs. klei) en gedrag van water in de bodem	F		
		Geschiktheid voor boomgroei -> bodemvruchtbaarheid	C		
	BF	Biologisch gedrag van de bodem	B		
	MA	Aanwezigheid vervuulende stoffen in de bodem	C		Methode voor in-situbepaling van grondsamenstelling
	LO	Lokale bodemopbouw	F	Vanwege ophogingen in het verleden	Database met locatie-specifieke informatie, die bij de graafwerkzaamheden van de bureautjes verzameld wordt
	WDD	Lokale grondwaterstand	F	Keuze boom moet worden aangepast aan grondwaterstand. Informatie uit peilfilters van Waternet is niet specifiek genoeg.	

¹⁵ F: fysisch kenmerk, B: biologisch kenmerk, C: chemisch kenmerk

¹⁶ BZV: Bodemdaling, zetting, verdichting

¹⁷ WDD: Waterdoorlatendheid en - dynamiek, draagkracht

¹⁸ LO: Lokale bodemopbouw

¹⁹ MA: Metalen en andere stoffen in bodem en water

²⁰ BF: Biologisch functioneren

Organisatie	Categorie	Bodem informatie	F/B/C ¹⁵	Opmerkingen	Gewenste vorm van de informatie
Partner binnen gemeente in grond-, weg- en waterbouw en basisinformatie	LO	Opbouw voor bepaling funderingsdiepte	F		Automatische voorziening voor het uitkarteren van bestaande informatie over bodem en ondergrond
		Bodem informatie voor de ring van Amsterdam	n.a.	Niet alleen voor de binnenstad maar ook voor het landelijk gebied van Amsterdam en andere verstedelijkte gebieden	Gedetailleerde informatie (1-5 m)
	WDD	Bodem informatie voor het bouwen en ontwikkelen van gebieden, voor vervangingsprogramma's van bomen, kademuren, bruggen	F/C	Bijv. draagkracht, fysische gesteldheid, chemische, kwel, inzijing, explosieven, historische grondgebruik.	Structurele inwinning en koppeling van fysische en chemische informatie over bodem en grondwater uit sonderingen en peilbuizen in regionale systemen en tussen bestanden
	BZV	Bodem daling in transformatiegebieden	F		Aanbod van informatie uit bodemonderzoek in <i>digital twin</i>
		Bodem informatie verzameld door particulieren			Thematische kaarten als ingang voor onderliggende bodeminformatie; visuele ingang via kaarten is voor alle vormen van bodem- en ondergrondinformatie gewenst.
	BF	Ondergronds volume aan boomwortels en risicoplekken voor schade aan kabels, leidingen, gebouwen	B		
	LO	Diepte van ophogingen	F	Ophogingen in de stad worden bijgehouden, maar de diepte is vaak onbekend. Relevant om te bepalen of horizontale grondwaterstroming mogelijk is.	
	MA	Fysische en chemische kwaliteit van uitgegraven grond voor het beoordelen van mogelijkheid tot hergebruik	F/C		
		Informatie over waterbodems	F/C/B	De kwaliteit van waterbodems wordt ook gemonitord door Waternet, maar in een ander informatiesysteem opgeslagen dan voor landbodems. Gedacht wordt aan het samenvoegen van deze twee gegevensbronnen.	

Organisatie	Categorie	Bodem informatie	F/B/C ¹⁵	Opmerkingen	Gewenste vorm van de informatie
Gemeente	LO	Samenstelling van de bodem	F		Gegevens voor punten en vlakken, in de vorm van kaarten
	LO	Type en samenstelling van substraat	F		Bodem informatie over verdichting voor vlakken in plaats van voor puntlocaties
	BF	Zuurstofgehalte	C		Nulmeting met basisinformatie van alle parken, op basis waarvan parken geïdentificeerd kunnen worden die er slecht uitzien en die aangepakt moeten worden
	BZV	Mate van verdichting	F		
	WDD	Waterdoorlatendheid van de bodem	F		
	WDD	Wateropname- en afvoercapaciteit van de bodem	F		
	BF	Bodemorganisch stofgehalte	B		
	BF	Informatie over de mate van bodemleven en het voedselweb in de bodem	B		
	MA	Informatie over metalen in de bodem en andere stoffen die mogelijk risico's geven voor de volksgezondheid	C		
	BF	Bodem informatie om te kunnen beoordelen of de bodem geschikt is om gewassen, bomen en andere vegetatie te laten groeien.	F/B/C		
Stichting	MA	Bodem informatie die inzicht geeft in hoe bodem in situ behandeld kan worden door planten en fungi stoffen te laten afbreken of op te slaan	B		
	MA	Waterkwaliteit van effluent uit helofytenfilter op eigen kavel	C		
	LO	Wat moet je weten van de lokale bodemgesteldheid en -opbouw voor de aanleg van wegen op kavels?	F		Stabiliteit van de bodem bij afgraven, opbrengen van puin, belasting met zwaar verkeer, nabijheid van veenlaag in ondergrond
Stichting	LO	Lokale bodemopbouw en bodemgesteldheid voor het bouwrijp maken van de woonplek	F		Tot welk peil men gaat bouwen, of grond moet worden opgespoten, geschiktheid voor beplanting, waterberging

Organisatie	Categorie	Bodem informatie	F/B/C ¹⁵	Opmerkingen	Gewenste vorm van de informatie
		Maatregelen die de bereikbaarheid van de percelen vergroten (jaarrond) en tegelijkertijd landbouw en waterberging niet verstoren	n.a.		
	WDD	Diepte tot waar drainage invloed heeft	F		
	BF	Richtlijnen voor het stimuleren van de biologische activiteit in de bodem en voor welke planten daaraan kunnen bijdragen	B		
		CO ₂ -vastlegging in bodem van voedselbos	B/C	En invloed van nabijgelegen bos	
	BZV	Informatie over grondddaling om keuzes te maken over de omgang met grondddaling (bouwpeil, ophogen of niet): - mate waarin de grond zal gaan zakken - welke maatregelen het meest effectief en toepasbaar zijn om bodemdaling tegen te gaan	F		
		Rentabiliteit van voedselbos	n.a.	Gegeven dat andere bodemfuncties (CO ₂ -vastlegging, warmtehuishouding, waterberging, recreatie) nog niet onderdeel zijn van de financiële beoordeling van het landgebruik	
		Kosten van maatregelen voor grondverbetering t.b.v. aanleg moestuin en voedselbos	n.a.	Houtsnippen worden nu uit het Gooi gehaald; veranderlijke marktprijs vanwege bio-installaties	
Gemeente	BZV	Zettingsgegevens, bijvoorbeeld de ligging van zettingsgevoelige lagen, en zettingsvoorspellingen	F	Deze zijn niet beschikbaar in het DINOloket. De landelijke zettingskaart is te grof voor Almere.	Een ruimtelijk schaalniveau van 10-20 m is gewenst (straatniveau).
	LO	Meer gedetailleerde informatie over de ligging van stroomgeulen	F	Schaalniveau van de aanwezige info voor de lokale problematiek van Almere is niet toereikend. Vaak zijn maatregelen op straatniveau gewenst/noodzakelijk maar niet voorhanden.	Bij voorkeur in de vorm van kaarten, en een publieksvriendelijke vorm
	WDD	Structuur en waterdoorlatendheid van de bodem in voormalige landbouwgronden	F	Gronden waarop een laag zand is aangebracht voor bebouwing	

Organisatie	Categorie	Bodem informatie	F/B/C ¹⁵	Opmerkingen	Gewenste vorm van de informatie
	BZV	Gegevens over de onderbouw van effecten van rijping als component van de bodemdaling	F		
		Biologisch functioneren van particuliere kavels voorafgaand aan bebouwing of tuinaanleg	B	Het gaat om kavels waarop geen zand is opgebracht	
	LO	Dikte en gewicht van deklaag op terrein met risico op opbarsten door opwaartse druk van grondwater	F		
	MA	Samenstelling van opwellend grondwater	C	Stoffen waar het om gaat zijn onder andere ijzer, zwavel, arseen en zout.	
Stadsboerderij	BF	De onkruidhistorie van de kavels: van welke onkruiden zit er zaad in de grond?	B	Onkruid komt deels voort uit een zaadbank van onkruid dat aanwezig was op de kavels in de periode voor de ingebruikname door de Stadsboerderij.	Een DNA-bank van de verschillende onkruiden zou nuttige informatie zijn voor de Stadsboerderij.
	BF	De kwaliteit van de organische stof	B	<ul style="list-style-type: none"> • De ouderdom van de organische stof • De inertie, ofwel de stabiliteit ervan • Welk gedeelte uit humus bestaat <p>Deze kenmerken worden niet bepaald met bestaande technieken en in de Veris BodemScan; respondent gebruikt nu methode om over de kavels te rijden in verschillende stadia van natheid.</p>	-
	BF	Indicatoren van de biologische kwaliteit van de bodem	B	Er zijn onvoldoende indicatoren voor de biologische bodemkwaliteit. Beademingsproefjes geven geen onderscheid tussen percelen waarvan de kwaliteit verschilt.	Respondent heeft interesse in een index voor de functionaliteit van de bodem, die uitgedrukt in cijfers kan laten zien wat er met een bodem gebeurt als je het beheer ervan verandert

Organisatie	Categorie	Bodem informatie	F/B/C ¹⁵	Opmerkingen	Gewenste vorm van de informatie
Gemeente					Belangstelling voor geactualiseerde bodemkaart van Flevoland
BZV	Verdichting van de bodem	F	<p>Groenbeheerders kunnen hieraan zelf snel meten met behulp van de penetrograaf</p>		
BZV	Mate van rijping van de klei	F	<p>Bij niet gerijpte klei merk je dat er geen structuur en bodemleven aanwezig is waardoor bomen niet kunnen wortelen en/of slecht voedingsstoffen kunnen opnemen.</p>		
BF	Rottingsprocessen in de bodem	B			
BF	Informatie over de gesteldheid van het bodemleven	B	<p>Sterk bepalende factor voor het functioneren van het stadsgroen en met name van bomen</p>	<p>Idealiter voorafgaand aan beplanting</p> <p>Gevraagde informatie:</p> <p>1. Is bodemleven in goede of slechte conditie voor groen?</p> <p>2. Welke maatregelen zijn denkbaar?</p>	
BF	Informatie over geschiktheid van mycorrhiza's voor combinatie van boomsoort en grond en werking ervan	B	<p>In boombeheer is er groeiende aandacht voor mycorrhiza's. Commerciële partijen bieden mycorrhiza's aan als toevoeging aan de groeiplaats.</p>		
MA	Zoutgehalte in het bodemprofiel en grondwater	C	<p>Geen uitval gezien van groenvoorzieningen door een te hoog zoutgehalte van opbarstend grondwater, maar hierop onvoldoende zicht</p> <p>zeebodem is in het verleden gespoeld om zout naar diepere lagen te verdringen</p>	<p>Zoutgehalte van grondwater en bodem als componenten van een index van meetbare bodemkenmerken</p>	
WDD	Grondwaterstroming in de twee uitgangssituaties voor groen: opgehoogd terrein en voormalige zeebodem	F			
BZV	Bodemdaling in de twee uitgangssituaties voor groen: opgehoogd terrein en voormalige zeebodem	F			

Organisatie	Categorie	Bodem informatie	F/B/C ¹⁵	Opmerkingen	Gewenste vorm van de informatie
					Een index van meetbare bodemkenmerken gekoppeld aan een advies van maatregelen voor bodembeheer
					Web-based vorm, toegankelijk vanaf een mobiel apparaat en desktop, zodat groenbeheerders op gemelde locaties kunnen raadplegen
					De informatie moet onderscheid maken tussen de twee verschillende uitgangssituaties van groenvoorzieningen in Almere: in opgehoogd terrein en op de voormalige zeebodem.
					Visueel goed opgemaakte rapportages met voor alle partijen begrijpelijke informatie.
					Een systeem van open data, waarin adviesrapporten van specifieke plaatsen van groenvoorzieningen toegankelijk zijn en gecombineerd kunnen worden om een totaaloverzicht te krijgen van de situatie in de gemeente

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 2982
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 12.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Rapport 2982
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 12.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

