



Bouwen vanuit de Bodem

Hoe een vitalere bodem bij kan dragen aan een verstedelijkingsopgave

Jolinde Doornbos

Afstudeeronderzoek Bouwen vanuit de Bodem

Jolinde Doornbos
Student Stedenbouwkundig Ontwerpen
467304

Docentbegeleider
Robert Wienk

Opdrachtgevers
Antea Group | Milieu Zuid
CB5 | Architectuur, Stedenbouw, Landschap
Lectoraat Sustainable Areas and Soil Transitions | Hogeschool Saxion

Praktijkcoaches
Geert Roovers | Senior adviseur Milieu
Merijn van Loon | Stedenbouwkundige

Juni 2023
Hogeschool Saxion Deventer

Voorwoord

Voor u ligt het afstudeeronderzoek 'Bouwen vanuit de Bodem - Hoe een vitalere bodem bij kan dragen aan een verstedelijkingsopgave'. Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van de afronding van de opleiding Stedenbouwkundig Ontwerpen aan de Hogeschool Saxion Deventer.

Dit afstudeeronderzoek heeft mij een nieuwe blik op de inrichting van de stad gegeven. De huidige rol van de bodem in de stad heeft mij voornamelijk aan het denken gezet. Bodem en stedenbouwkundig ontwerp komen op een nieuwe manier samen in dit onderzoek en het werken hieraan heeft bij mij voor vele nieuwe inzichten gezorgd. Het meekijken met de eerste fase van het traject Bouwen vanuit de Bodem van het stimuleringsfonds heeft hier veel aan bijgedragen.

Ik wil Geert Roovers en Merijn van Loon graag bedanken voor de goede begeleiding. Ze hebben mij de mogelijkheid gegeven om een eigen draai aan mijn onderzoek te geven. Ook wil ik ze bedanken voor de mogelijkheid om mee te kijken met het traject van de 13 projecten. Ik kan na het doen van dit onderzoek niet meer naar de stad kijken zonder hier de bodem in mee te nemen.

Ik wil Robert Wienk ook graag bedanken voor de begeleiding vanuit de opleiding. Ik ben door hem aangemoedigd mijn interesse voor de combinatie van landschap, bodem en stedenbouwkunde een stap verder te brengen. Ik heb dan ook met plezier aan deze afstudeeropdracht gewerkt.

Ik wens u veel plezier met het lezen van dit afstudeeronderzoek!

Jolinde Doornbos

Hoogeveen, 12 juni 2023

Samenvatting

In dit onderzoek is gezocht naar een antwoord op de vraag of een vitalere bodem in de stad bij kan dragen aan een verstedelijkingsopgave. De focus van dit onderzoek ligt op de bodem, de eerste 120 centimeter van de ondergrond, in het stedelijk gebied. Als basis is genomen de vraag om water en bodem sturend te maken bij ruimtelijke ontwikkelingen, daarbij ligt in dit onderzoek de focus op het sturend maken van de bodem. De bodem vormt de basis voor het leven op aarde, het helpt ons onder andere bij:

- het produceren van voedsel voor mens en dier;
- het verminderen van ziektes en plagen;
- het verminderen van hittestress;
- het verminderen van extreme droogte en wateroverlast;
- een rol in de stoffenkringloop (“Onder de Straad”, 2021).

De stadsbodem heeft op dit moment weinig mogelijkheden om aan zijn vitaliteit te werken. Het werken aan de natuurlijke rol van de bodem, ook wel de intrinsieke waarde, wordt in de weg gezeten door bodems die een andere rol opgelegd hebben gekregen. Deze rollen kunnen zijn:

- Constructieve rol: Bodem voor een stabiele basis
- Faciliterende rol: Bodem voor netwerken en voorzieningen
- Voorzienende rol: Bodem voor groene netwerken en voedsel
- Conserverende rol: Bodem voor stoffen en materialen

De natuurlijke rol komt in de stad weinig voor, omdat de belangen van een bodem met natuurlijke rol niet overeenkomen met de belangen van een constructieve en faciliterende rol. De opgave is om de constructieve- en faciliterende rol op een andere manier in te richten, waardoor de natuurlijke rol van de bodem de ruimte kan krijgen. Zo kan de bodem gaan werken aan zijn balans en vitaliteit.

In het stedelijk gebied kan er enkel worden gewerkt richting een vitalere bodem. Een volledig vitale bodem kan hier niet worden gerealiseerd, omdat door het bouwen in de stad een laag van de bodem is verwijderd en de bodem regelmatig wordt omgewoeld. Met als gevolg dat de natuurlijke samenstelling van de bodem niet meer intact is. De bodem zal nooit meer in de staat terugkeren zoals deze ooit is ontstaan.

Nederland heeft te maken met een grote verstedelijkingsopgave. Belangrijke opgaven waar de bodem een grote rol in speelt, zijn de energietransitie, de woningbouwopgave, de algehele ruimtevrage in de stad en de taak om Nederland klimaatadaptief te maken.

Een vitalere bodem in de stad kan bijdragen aan deze verstedelijkingsopgaven. Voor deze bijdrage zal de volgende stappen ondernomen moeten worden:

- Vaststellen van de opgave in de stad

- Vaststellen van de verdeling van de bodemrollen
- Bepalen op welke plekken de bodem de natuurlijke rol krijgt
- De rollen die voor de natuurlijke rol moeten wijken op een andere manier, die passend is als maatregel voor de verstedelijkingsopgave, een plek geven.
- Bij de vorige stappen rekening houden met de speerpunten voor een vitalere bodem:
 - o Geen bodemroering
 - o Geen bodemverdichting
 - o Zoveel mogelijk open bodem
 - o Ondergrondse verbindingen maken

Meerdere maatregelen kunnen zowel bijdragen aan een vitalere bodem in de stad en de verstedelijkingsopgave. Enkele voorbeelden zijn:

- het bovengronds brengen van kabels en leidingen
- het beperken van de plek van de auto in de straat
- het gebruik maken van bestaande funderingen
- het verkleinen van private ruimte
- het aanleggen van groene daken
- stadslandbouw toepassen
- tinyforests aanleggen
- regenwater afkoppelen

Dit zijn zowel maatregelen die in de bestaande stad als op een nieuwbouwlocatie toegepast kunnen worden. Voor een nieuwbouwlocatie zijn er tevens stappen te zetten richting een ruimtelijke ontwikkeling met een vitalere bodem. De speerpunten voor een vitalere bodem liggen ook bij dit proces ten grondslag.

1.1 Aanleiding

Een vitalere bodem in Nederland levert vele voordelen op. De kwaliteit van onze leefomgeving begint bij de bodem. De bodem reguleert onder andere de temperatuur bovengronds, zorgt voor de groei van vegetatie, maakt het dierenleven mogelijk en houdt ons klimaat in balans door het vasthouden van onder andere stikstof en CO₂. Daarnaast is de bodem de basis voor onze veiligheid. Nederland is gelegen in een delta en bij extreme neerslag kan dit voor problemen zorgen. Het is van belang dat onze bodem gezond is, zodat deze als een spons het water vast kan houden. Deze vitale bodem is ook van belang voor onze agrarische sector. Een bodem die als spons werkt kan in een periode van weinig neerslag toch de gewassen van water voorzien. Een vitale bodem verzekert ons zo van voedselproductie. Deze zelfde bodem is ook de bron van ons drinkwater. Een vitale bodem met een zelfregulerend watersysteem is in zo'n situatie van belang. Wellicht een van de grootste bedreigingen in Nederland vanuit de bodem gezien is de bodemdaling die zich voordoet in een groot deel van het land. Ook hier speelt de vitaliteit van de bodem een grote rol in (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022).

De bodem wordt vaker ingezet als oplossing binnen huidige opgaven. Maar dit wordt niet gedaan vanwege zijn bijdrage op het gebied van een vitale bodem. We willen in de toekomst bijvoorbeeld meer op deze bodem bouwen, zowel letterlijk als figuurlijk. De komende jaren hebben we

onder andere te maken met een grote woningbouwopgave, maar de ruimte bovengronds wordt schaarser. Vanwege het schaarser worden van bovengrondse ruimte komen er onder de grond meer voorzieningen bij, zoals parkeergarages, afvalcontainers, waterbuffers en tunnels. Verschillende transities lijken veel ruimte in de bodem en ondergrond op te gaan eisen. Er ligt al een uitgebreid netwerk aan kabels en leidingen onder de grond, maar deze zal verder uitbreiden vanwege de energietransitie. Er blijft na deze ontwikkelingen weinig ruimte over voor de intrinsieke waarde van de bodem (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2020). Terwijl we deze natuurlijke werking van de bodem juist nodig hebben om bijvoorbeeld bestand te blijven tegen de extremen van het klimaat ("Onder de Straad", 2021). De door de mens aangelegde ondergrondse voorzieningen zijn voornamelijk te vinden in de eerste drie meter onder de publieke ruimte. Onder private grond gebeurt niet zo veel, terwijl dit 60% van de grond in onze stad beslaat ("Onder de Straad", 2021). Door de komende transities, zoals de klimaattransitie, digitale transitie, demografische transitie en stedelijke transitie, zal er nog meer druk komen te staan op de publieke ruimte en de daaronder gelegen bodem (Van Dijk, 2019). Deze gegevens vragen om een nieuwe kijk op de ondergrond. Een nieuwe denkwijze die de bodem sturend maakt bij ruimtelijke ontwikkelingen.

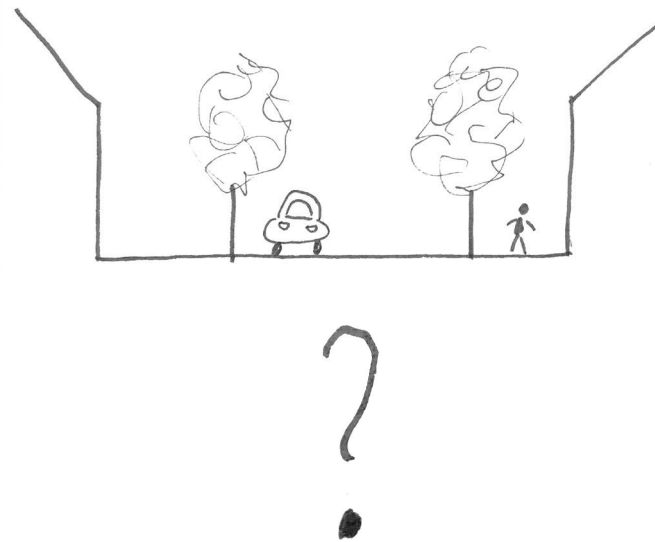
1.1.1 Stand van zaken

In de toekomst zullen we meer van de bodem gaan vragen en dat vraagt om aandacht. Er is een kamerbrief verstuurd waarin de ambitie is uitgesproken om ‘water en bodem sturend te laten zijn in de ruimtelijke planvorming’ (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022). Nu wordt het programma ‘Water en bodem sturend’ uitgewerkt om aan te geven wat dit voor Nederland gaat betekenen. Wanneer water en bodem sturend wordt, dan vraagt dit om een andere benadering van de verstedelijkingsopgaven.

Nu is over de eerste lagen van de bodem in Nederland niet alles bekend. Het kabel- en leidingennetwerk is niet volledig in kaart gebracht, waardoor er met graafwerkzaamheden nog wel eens schade ontstaat. Daarnaast heeft de bodem veel verschillende eigenaren die met hun eigen belangen langs elkaar heen werken. De gemeenten zijn verantwoordelijk voor de ondiepe ondergrond onder de publieke ruimte, maar zij nemen hier weinig regie in. Ook is het niet altijd bekend hoe het is gesteld met het watersysteem onder de grond (“Onder de StraaD”, 2021).

Op dit moment heeft de bodem in de stad de randvoorwaardelijke eis dat deze geschikt is om op te bouwen en infrastructuur op aan te leggen. Voordat we gaan bouwen plaatsen we een laag zand op de bodem, zodat dit een stabiele basis vormt voor de gebouwen en infrastructuur die er op gebouwd gaan worden. Deze handeling heeft grote gevolgen voor de bodemgesteldheid, aangezien dit de natuurlijke samenstelling van de bodem aantast (Van den Berg & Stech, 2021).

Bij ruimtelijke ontwikkelingen worden water en bodem niet als uitgangspunt genomen. Steden kampen nu door de klimaatverandering en het extremer wordende weer met wateroverlast en hittestress, met alle gevolgen die daar bij horen. De bodem is de basis voor het oplossen van deze problemen. Het streven naar een leefbare stad vraagt niet alleen veel van de bodem onder de stad, maar ook van de bodem buiten de stad. Bodem buiten stedelijk gebied wordt gebruikt voor onder andere drinkwater, voedsel en het verkrijgen van bouwgrond. Voordat er maatregelen genomen kunnen worden zal er eerst meer informatie bijeengebracht moeten worden over de bodem in de stad. Op dit moment is er weinig bekend over de gesteldheid van de stadsbodem.



1.2 Onderzoek en afbakening

1.2.1 Onderzoek

Een aanpak met water en bodem sturend vraagt om een andere benadering van ruimtelijke opgaven, aangezien deze onderwerpen op dit moment niet sturend zijn. Het water en bodem sturend maken uit zich onder andere door te streven naar een vitalere bodem (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022). Een vitalere bodem krijgt weinig ruimte in de stad en deze ruimte zal met de komende ontwikkelingen nog verder afnemen. Voornamelijk in stedelijk gebied krijgt de intrinsieke waarde van de bodem weinig de ruimte.

Het streven naar een vitalere bodem in de stad en het werken aan de verstedelijkingsopgaven komen samen in het stedelijk gebied. De cirkel is rond als de vitalere bodem een bijdrage kan leveren aan deze verstedelijkingsopgaven. Dit vraagt om een andere ruimtelijke inrichting van de stad. Daarom wordt de volgende vraag in dit onderzoek gesteld:

Hoe kan een vitalere bodem bijdragen aan een verstedelijkingsopgave?

1.2.2 Afbakening

Verstedelijkingsopgave

Voor dit onderzoek wordt er gekeken naar het stedelijk gebied. In deze gebieden wordt er veel gevraagd van de boven- en ondergrondse ruimte. In de toekomst zal dit nog meer worden door de verstedelijkingsopgaven. Ruimte voor de bodem is nodig om steden op een duurzame manier leefbaar te houden. In de beperkte beschikbare ruimte is het een uitdaging om ruimte te creëren voor een vitalere bodem. Dit vraagt dus om een nieuwe kijk op ruimtelijke ontwikkelingen. Het stedelijk gebied is dan ook een interessante plek om te onderzoeken hoe bodem sturend kan zijn bij het werken aan verstedelijkingsopgaven. Er wordt in dit onderzoek dus niet gekeken naar gebieden in het buitenstedelijk gebied.

Bodem

In dit onderzoek ligt de **focus op de bodem**, oftewel de eerste 120 centimeter van de ondergrond. In de bodem vinden de meeste processen van bodemorganismen plaats en dit deel staat sterk in verbinding met de bovengrond. De gezondheid van de bodem is belangrijk voor de vitaliteit van de algehele ondergrond.

De kamerbrief waarin wordt gesteld dat water en bodem sturend moet zijn bij ruimtelijke ordening is een belangrijke

aanleiding van dit onderzoek. In dit onderzoek ligt de focus op het sturend laten zijn van de bodem. Een zelfregulerend watersysteem wordt ook gezien als een belangrijk onderdeel van het bodemsysteem, echter ligt hier niet de focus op.

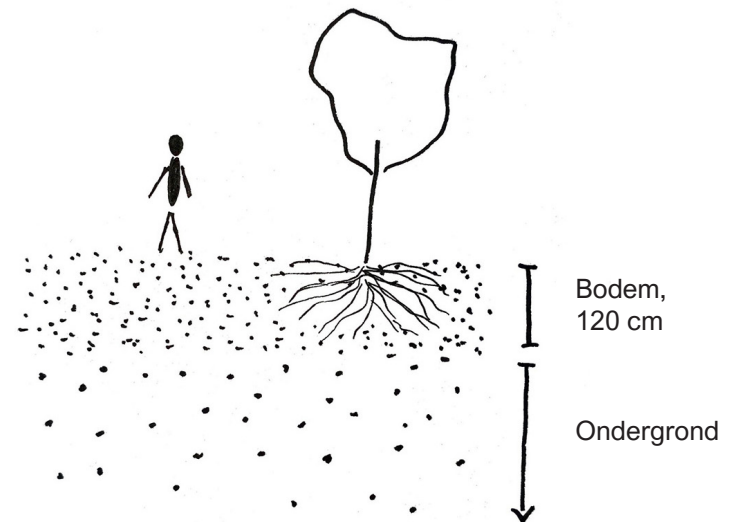
In dit onderzoek wordt gekeken naar het creëren van een vitalere bodem bij **zandgronden**. Er worden mogelijkheden gegeven die van toepassing zijn op zandgronden, dus de werking van deze mogelijkheden is niet onderzocht voor andere gronden, zoals klei- en veengronden.

Er wordt gezocht naar mogelijkheden waarop **een vitalere bodem** bij kan dragen aan een verstedelijkingsopgave, dus er wordt niet gestreefd naar een volledig vitale bodem. In stedelijk gebied is de bodem namelijk geroerd en dit betekent dat de natuurlijke samenstelling van de bodem op enige manier is omgewoeld (De Vree, z.d.-b). Een geroerde bodem kan niet een volledig vitale bodem worden, omdat de natuurlijke samenstelling waar de bodem miljoenen jaren aan gewerkt heeft niet volledig kan worden hersteld. Na 30 jaar kan er wel bodemherstel plaatsvinden, waardoor er een nieuw natuurlijk balans ontstaat (W. van Zijverden, persoonlijke communicatie, 31 maart 2023). In dit onderzoek wordt dus gestreefd naar mogelijkheden om een geroerde bodem in stedelijk gebied vitaler te maken. Een vitalere bodem wordt in dit onderzoek gezien als een bodem die als voornaamste rol heeft om aan zijn balans te werken en zijn intrinsieke waarde uit te voeren. Geen andere elementen die de balans in de bodem verstoren zitten deze natuurlijke rol van de bodem in de weg.

Casuslocaties

In dit onderzoek wordt voor twee locaties de potentie van het bouwen vanuit de bodem weergegeven. Bij de eerste locatie zal het gaan om een transformatieopgave en bij de tweede locatie om een volledige nieuwbouwopgave.

“Een vitalere bodem is een bodem die aan zijn intrinsieke waarde kan werken zonder dat andere bodemrollen dit proces verstoren.”



1.2.3 Methodologie

Voor deze opgave is ontwerpend onderzoek toegepast, analyse en ontwerp wisselen elkaar af. Het proces van dit ontwerpend onderzoek is gedaan aan de hand van het Double Diamond model.

Ontwerpend onderzoek

Dit onderzoek wordt vanuit een stedenbouwkundig oogpunt benaderd. Het bodem sturend maken gaat leiden tot veranderingen in de leefomgeving en ruimtelijk ontwerp speelt hier een grote rol in. Bij het werken aan 'bodem sturend' wordt een vitalere bodem in de stad als basis genomen. Als ruimtelijk ontwerper is er onderzoek gedaan naar de processen in de bodem. Ook is een groot onderdeel van het analyseproces geweest; het observeren van de huidige plek die de bodem in de stad krijgt. Deze analyse, observatie en uitwerken in beelden wisselt elkaar gedurende het onderzoek af, continu in verschillende volgordes. Bij elke observatie en nieuwe kennis past een verbeelding en bij elke verbeelding past een nieuwe observatie en vraag om nieuwe kennis. Daarom is ontwerpend onderzoek toegepast.

Stimuleringsfonds open oproep Bouwen vanuit de Bodem

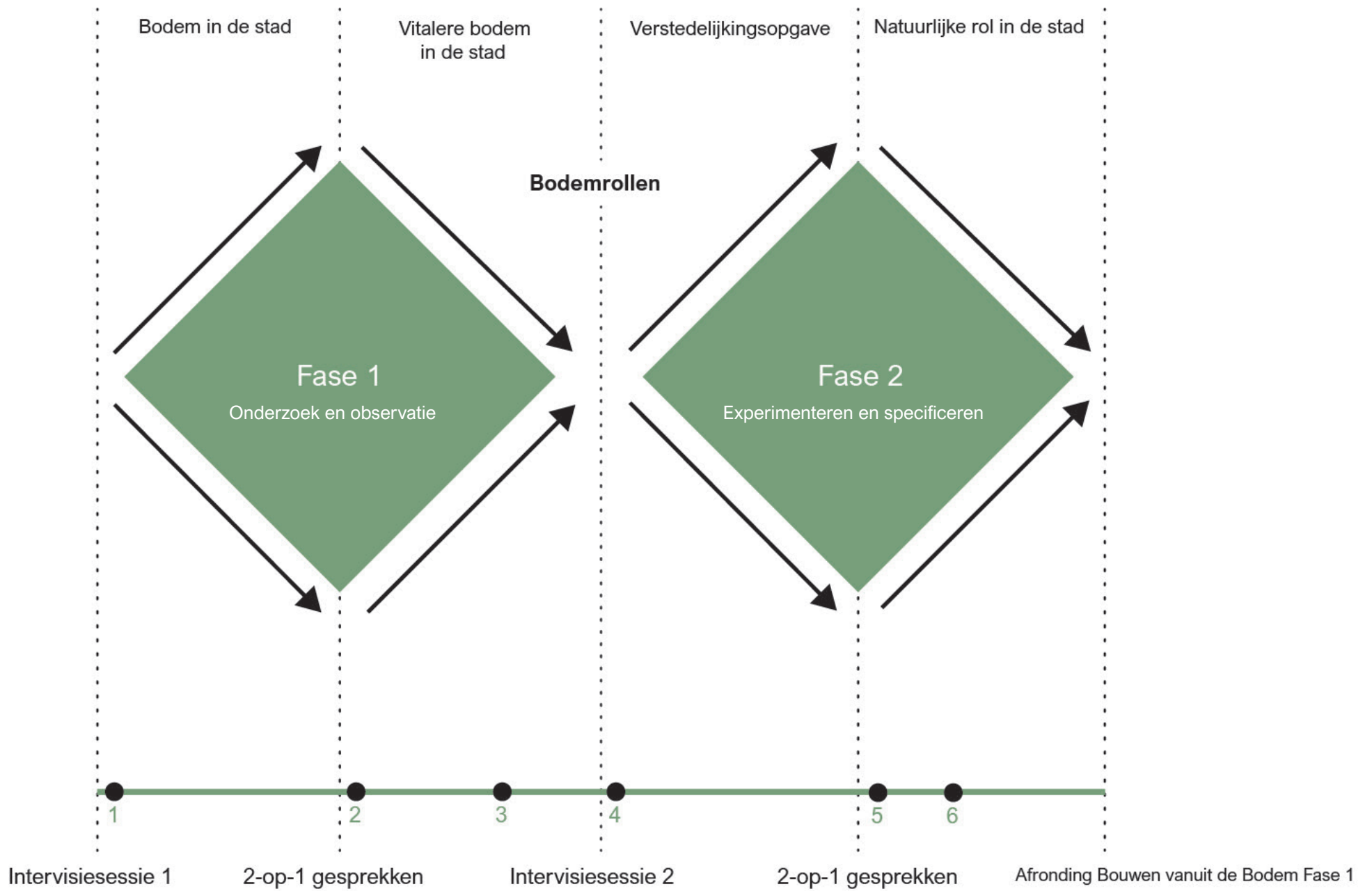
Tijdens de opdracht is er meegekeken met 13 andere projecten die werken aan de opgave 'Bouwen vanuit de Bodem'. Deze 13 projecten zijn geselecteerd na een open oproep van het Stimuleringsfonds Creatieve Industrie. Dit onderzoek liep gelijk aan de onderzoeken van de 13 projecten. De gevonden informatie voor dit onderzoek is

tijdens verschillende sessies met de 13 projecten vergeleken met hun gevonden informatie. Om dat te kunnen doen zijn twee intervisiesessies gevolgd waarbij betrokkenen van de projecten bij elkaar zijn gekomen om ideeën en informatie met elkaar uit te wisselen. Bij de tweede intervisiesessie waren twee bodemexperts aanwezig en zij beantwoordden vragen van de aanwezigen. Ook zijn meerdere 2-op-1 gesprekken gevolgd, waarbij betrokkenen van de projecten tijdens het werkproces samen kwamen om de voortgang van het proces te bespreken.

Interviews

Voor aanvullende informatie is een interview gehouden met Wilko van Zijverden. Wilko van Zijverden is fysisch geograaf en heeft kennis van bodemprocessen en elementen die invloed hebben op een vitale bodem.

“Bij elke observatie en nieuwe kennis past een verbeelding en bij elke verbeelding past een nieuwe observatie en vraag om nieuwe kennis.”



Toelichting bij Double Diamond Model

Moment van realisatie dat een belangrijk onderdeel van het traject Bouwen vanuit de Bodem bestaat uit het integraal benaderen van de opgave. Het Bouwen vanuit de Bodem vraagt om een samenwerking tussen ruimtelijk ontwerpers, bodemexperts en anderen die betrokken zijn bij ruimtelijke ontwikkelingen. Kennis van meerdere disciplines is nodig voor het werken aan de opgave om water en bodem sturend te maken.

1

Het Bouwen vanuit de Bodem is een complexe opgave. De 13 projecten hebben elk een eigen benadering van de opgave. Vanaf dit punt wordt er gewerkt aan een eigen benadering.

2

3

Fase 1, de fase van onderzoek en observatie van de bodem, eindigt in het vaststellen van de bodemrollen in de stad.

4

De conclusie wordt getrokken dat er nog veel kennis mist over de bodem in de stad en de passende ontwerpprincipes voor water en bodem sturend. Ruimtelijk ontwerpers en bodemexperts zijn zoekende naar de juiste informatie.

5

Alle ruimtelijk ontwerpers hebben binnen het traject Bouwen vanuit de Bodem een interessant vraagstuk aangepakt. Alles is relevant, maar dit maakt de opgave enkel breder.

6

Moment van realisatie dat niet alles in één keer onderzocht kan worden en dat elke toevoeging van informatie een bijdrage levert. Het werken aan Bouwen vanuit de Bodem zit nog in de beginfase, maar er is een start gemaakt in de eerste verkenning van de opgave.

2

Bodem de basis van ons bestaan

De bodem vormt de basis voor al het leven op aarde, het is onder andere de bron van ons voedsel en het helpt ons bij het opvangen van extremen in het klimaat (TAUW, z.d.-a). Hoe vitaler deze bodem is, hoe meer voordelen dit heeft voor het leven dat groeit, bloeit en leeft op deze bodem.

2.1.1 Bijdrage van een vitalere bodem

De vitaliteit van de bodem is niet overal hetzelfde en er zijn uiteenlopende factoren die hier invloed op hebben. De mens is vooral verantwoordelijk voor het verslechteren van de conditie van de bodem. Met onder andere het uitvoeren van landbouw verdwijnen er lagen uit de bodem met als gevolg dat de bodem zijn natuurlijke balans verliest (Van der Meij, 2020).

Een bodem is vitaal wanneer: “een bodem vruchtbaar is, biodiversiteit huisvest, ziektes weert, water bergt en voedingsstoffen vasthoudt en gedoseerd afgeeft” (Provincie Noord-Brabant, z.d.). Dat de bodem aan deze processen kan werken is ook wel de intrinsieke waarde van de bodem. Een vitale bodem zit vol met leven. De ongeveer eerste meter van de ondergrond is de laag waarin (micro)organismen het meest voorkomen en actief zijn. Ter illustratie, als je een mok zou vullen met grond, dan kan deze in het geval van een vitale bodem wel 200 biljoen bacteriën, 100,000 meter schimmel, 20 miljoen protozoa, 100,000 nematoden (aaltjes), 50,000 mijten en bijna een volledige regenworm bevatten (Van den Berg & Stech, 2021). Al deze organismen leven in een ecosysteem en werken samen om het ecosysteem in stand te houden.

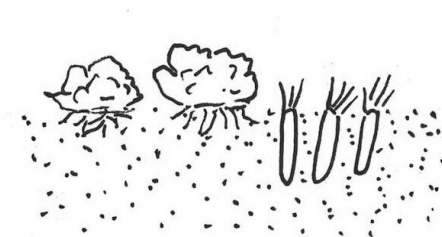
Een vitale bodem hebben we onder andere nodig voor

- het produceren van voedsel voor mens en dier;
- het verminderen van ziektes en plagen;
- het verminderen van hittestress;
- het verminderen van extreme droogte en wateroverlast;
- een rol in de stoffenkringloop (“Onder de StraaD”, 2021).

Productie van voedsel voor mens en dier

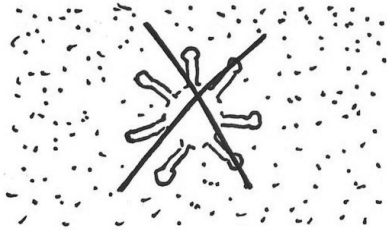
Een vitale bodem levert ons uitbundig groeiende vegetatie. Bodemorganismen helpen bij het leveren van de juiste voedingsstoffen aan de vegetatie. In een vitale bodem is het ecosysteem in balans en hoeven er geen voedingsstoffen aan de bodem toegevoegd te worden om de vegetatie te kunnen laten groeien. Planten en bomen zijn dan voor de toevoer van voedingsstoffen enkel afhankelijk van de bodem (Elberse et al., 2008).

Een vitale bodem produceert niet alleen voedsel voor mens en dier. Het zorgt ook voor het leven van diverse diersoorten. De bodem zorgt namelijk voor de biodiversiteit boven de grond. Deze biodiversiteit ontstaat door de wisselwerking tussen de biomassa onder de grond en alles dat daar bovenop leeft (Elberse et al., 2008).



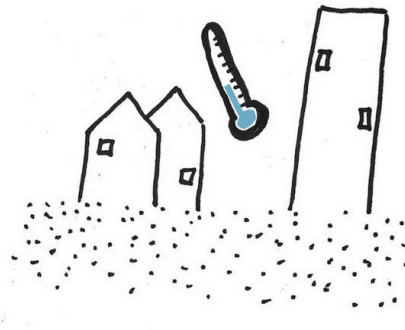
Verminderen van ziektes en plagen

Ziektewerende bodems ontstaan door een grote diversiteit en activiteit van het bodemleven. Bodemorganismen werken samen, maar er is ook onderlinge concurrentie om ruimte en voedingsstoffen. De uitbreiding van schadelijke organismen wordt zo afgeremd (Bokhorst, z.d.).



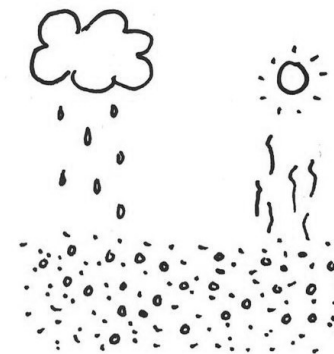
Vermindering van hittestress

Open bodem met vegetatie, zoals bomen en planten zorgen voor verkoeling tijdens warme dagen. Ze creëren schaduw en geven vocht af aan de lucht, dit heeft samen een verkoelende werking (Provincie Noord-Brabant, z.d.-a). Dit helpt voornamelijk in steden als daar op warme dagen hittestress ontstaat, zo kan vegetatie helpen met het koeler houden van de stad.



Reguleren van het watersysteem

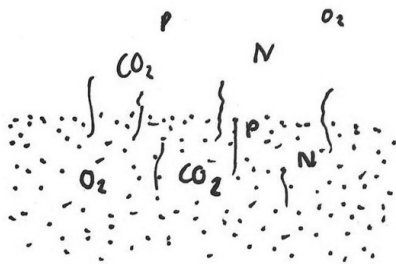
Bomen en planten hebben we nodig om ons watersysteem te reguleren. Ze hebben namelijk het vermogen om water op te nemen, dit vast te houden en het te laten verdampen. Het water infiltreert zo geleidelijk de bodem in, waardoor op piekmomenten de bodem als een soort spons kan fungeren. Deze sponswerking kan echter alleen ontstaan als de bodemstructuur niet is aangetast. Wanneer de bodemstructuur geschikt is kan tijdens droogte weer gebruik gemaakt worden van de watervoorraden in de bodem (Kennisportaal Klimaatadaptatie, z.d.).



Rol in de stoffenkringloop

Een vitale bodem speelt tevens een cruciale rol in het verminderen van het effect van klimaatverandering. Sinds de Industriële Revolutie zijn we fossiele brandstoffen gaan gebruiken en verbranden. Tijdens deze verbranding van aardolie, aardgas en steenkool komt CO₂ in een hoog tempo

vrij. Onder andere door de toename van CO_2 is de in- en uitgaande straling in onze atmosfeer uit balans geraakt. Er komt nu meer straling van de zon binnen dan dat er uit gaat, waardoor de aarde opwarmt (Wageningen Universiteit, z.d.-a). Bomen, planten en de bodem spelen een rol in het verminderen van de CO_2 in onze atmosfeer. Bomen en planten halen CO_2 uit de lucht en vormen dit door fotosynthese om in zuurstof. De bodem neemt ook CO_2 op, bijvoorbeeld via dode plantenresten en uitwerpselen van organismen die van planten leven (Wageningen Universiteit, z.d.-a). Een vitale bodem speelt zo een belangrijke rol in het faciliteren van deze opslag van CO_2 en daarbij het creëren van een balans in de atmosfeer. De bodem doet dit niet alleen voor CO_2 , maar ook voor stoffen als stikstof.



De bodemorganismen spelen een cruciale rol in het bewerkstelligen van voordelen van een vitale bodem. Belangrijke (micro-)organismen in het bodemproces zijn,

- bacteriën;
- schimmels;
- protozoa;
- nematoden (aaltjes);
- potwormen
- springstaarten
- mijten (geleedpotigen);
- en regenwormen (Van den Berg & Stech, 2021).

Deze organismen zorgen er onder andere voor dat zuurstof, water en voedingsstoffen tot diep in de bodem kan doordringen en dat organisch materiaal wordt afgebroken (Blaisse et al., 2020). Ze zetten het om in voedingsstoffen die planten en bomen via hun wortels op kunnen nemen. Ook zorgen ze door hun verplaatsingen voor een losse bodemstructuur. Samen vormen ze een ecosysteem waar elk van deze organismen een belangrijke functie in heeft (BoerenNatuur, 2021).

2.1.2 Factoren voor een vitalere bodem

In Nederland zijn drie soorten bodems die het meeste voorkomen, namelijk zand, klei en veen. Elk van deze bodemsoorten heeft verschillende eigenschappen. Een vitale bodem wordt gevormd door een balans tussen de verschillende eigenschappen. De factoren voor deze gezondheid zijn de interacties tussen bodemstructuur, bodemchemie, bodembiodiversiteit en het organisch stofgehalte (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2020).

Bodemstructuur

De bodemstructuur in Nederland verschilt sterk tussen een zand, veen of klei bodem. De bestanddelen van bodem zijn korrels, lucht, water en daarnaast het organisch materiaal. De grootte van de korrels en daarmee de grootte van de poriën verschillen per bodemsoort. Zandbodems hebben een grotere korrel en daarmee een betere waterdoorlatendheid dan veen en klei bodems (Wageningen University & Research, z.d.-c). De verdichting van bodemstructuren is een veel voorkomend fenomeen bij de veen en klei bodems in Nederland. Natte zwakke gronden zijn hier namelijk gevoeliger voor dan droge gronden. Bodemverdichting ontstaat door het ineendrukken van het bodemvolume. De bodem verliest zo zijn structuur en het water- en luchtdoorlatend vermogen. De capaciteit om water op te vangen, dit te bergen en planten te laten groeien neemt af (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2020). Bodemverdichting ontstaat door oxidatie bij veenbodems, waarna bodemdaling ontstaat. Zetting ontstaat bij veen en kleibodems door het te zwaar belasten van de bodem,

bijvoorbeeld door het bouwen van een gebouw, het dichtrijden van de bodem met zware machines en het ophogen van de bodem met zand (De Vree, z.d.-a).

Bodembiodiversiteit

Een vitale bodem bevat een groot aantal bodemorganismen. Deze organismen werken samen in een bodemvoedselweb en creëren voedingsstoffen voor vegetatie. Bodem met een grote soortendiversiteit die veel onderlinge verbindingen maken vormen een vitaal voedselweb. Dit is anders bij een bodem waarin de balans is verstoord en de bodem weinig organismen huisvest en er zo weinig onderlinge verbindingen zijn (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2020). Dit is bijvoorbeeld aan de hand in een aangetaste bodem waarin het schimmeln netwerk geen tijd heeft gehad om zich te herstellen, met als gevolg dat er relatief meer bacteriën in deze bodem leven (Mathu et al., 2022).

Organische stof

Organische stof is het materiaal in de bodem dat van organische afkomst is en voor ongeveer de helft uit koolstof bestaat. Dit is onder andere dood en levend organisch materiaal, zoals onverteerde plantenresten, wortels, bacteriën en ander leven dat in de bodem voorkomt (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2020). In het rapport De bodem bereikt?! schrijft de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (2020) dat: "organische stof een belangrijke rol speelt in de voedselvoorziening voor organismen in de bodem en in het vasthouden en loslaten van water en het afbreken van broeikasgassen en opslaan van koolstof". De hoeveelheid organische stof in de bodem hangt af van de

grondwaterstand, de hoeveelheid organisch materiaal dat op de bodem ligt, de bodembiodiversiteit en de manier waarop de bodem wordt bewerkt (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2020).

Bodemchemie

Balans is nodig in de chemische samenstelling van de bodem. Er kan een overschot aan bepaalde nutriënten in de bodem ontstaan, waardoor er een lagere beschikbaarheid van andere belangrijke voedingsstoffen ontstaat. Zo zou er bijvoorbeeld verzuring van de bodem op kunnen treden, met afname in de vegetatie en biodiversiteit als gevolg (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2020).

|| Een vitale bodem hebben we nodig omdat het ons voorziet in voedsel, het vermindert ziektes en plagen, het vermindert hittestress, reguleert het watersysteem en draagt bij aan de stoffenkringloop. Een vitalere bodem kan dit beter dan een minder vitale bodem. Bij een vitale bodem zijn de factoren voor een gezonde bodem in balans, deze factoren bestaan uit de bodemstructuur, bodemchemie, bodembiodiversiteit en het organisch stofgehalte. Wanneer deze factoren niet in balans zijn kan de bodem niet optimaal werken aan zijn intrinsieke waarde.

“De waarde van de bodem voor planten en dieren (de intrinsieke waarde) wordt overruled door de waarde voor mensen (Rijkswaterstaat & (w)aardewoord, 2020).”

3

De bodem in de stad

De huidige status van de vitaliteit van de bodem in de stad is niet precies bekend. Wel zijn er algemene gegevens voor elke factor die een invloed heeft op de vitaliteit van de stadsbodem. Dit zijn gegevens over de bodemstructuur, bodembiodiversiteit, bodemchemie en organische stof.

De Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (2020) stelt dat: “de vitaliteit van onze bodems onder druk staat door verzuring, vermesting, verdroging, verdichting en toenemende kwetsbaarheid.” De bodem in Nederland wordt zowel in stedelijk gebied als daar buiten intensief gebruikt. In de stad wordt de bodem gebruikt om elementen in aan te leggen die we bovengronds geen plek willen geven. In het landelijk gebied wordt de bodem gebruikt om hoge opbrengsten te behalen (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2020). Hoogleraar dierecologie Henk Siepel stelt dat de landbouwgrond in Nederland, en dan vooral die op zand, geen bodemleven meer heeft die de grond vruchtbaar houdt (Van Raaij, 2018). De bodem in de stad verschilt van de bodem in landelijk gebied. De bodem in de stad is geroerd door alle graafwerkzaamheden. Op veel plekken in de stad is de leeflaag van de bodem verwijderd en daarvoor in de plaats is een laag ophoogzand op de bodem aangebracht om deze stabiel te maken.

Voor elke factor die een invloed heeft op een vitalere bodem is de status beschreven van de bodem in de stad. Dit zijn algemene waarnemingen, aangezien de vitaliteit van de bodem in de stad lokaal erg kan verschillen.

Voor onze steden betekent een vitalere bodem een aangenaam leven in de stad. Deze vitalere bodem faciliteert het groen in de stad en draagt zo bij aan het koel houden van onze leefomgeving. Daarnaast is het de basis voor biodiversiteit in de stad en zorgt het ervoor dat we niet geregeld wateroverlast hebben (Blaisse et al., 2020).

Bodemstructuur in de stad

In stedelijk gebied is een open en onverdichte bodem een schaars goed (Technische commissie bodem, 2011). Bodemverdichting in de stad is een veel voorkomend probleem en dan voornamelijk op de veen- en klei gronden. Bodemverdichting heeft in de stad veelal een functionele betekenis. De bodemstructuur moet hier voldoende draagkracht bieden voor gebouwen en wegen en daar is zekere verdichting van de bodem voor nodig (Technische commissie bodem, 2011). Het afdekken van de bodem en het gebruik maken van de draagfunctie van de bodem zorgt er voor dat gebouwen en infrastructuur een stabiele basis hebben. Echter leidt dit afdekken van de bodem tot bodemdegradatie, omdat deze bodem niet meer beschikbaar is voor ecologische functies (Technische commissie bodem, 2009). Na het verwijderen van deze afdekking zal de bodem zich na 30 jaar weer enigszins herstellen door een nieuw balans te vinden in de bodemprocessen. Maar als de bodem eenmaal verdicht is, zal deze nooit meer een open structuur hebben (W. van Zijverden, persoonlijke communicatie, 31 maart 2023).

Bodembiodiversiteit in de stad

In stedelijk gebied zit de bodem op bepaalde plekken vol met leven, echter kan deze kwaliteit op een kleine schaal sterk verschillen. Nu bevindt het bodemleven zich voornamelijk in tuinen, stadsparken, groene daken en overige stukken groen (Mathu et al., 2022). Een algemeen beeld van de gesteldheid van de bodembiodiversiteit in de stad is er niet. Dit wordt namelijk niet centraal vastgelegd (W. van Zijverden, persoonlijke communicatie, 31 maart 2023).

Bodemchemie in de stad

In en rond oude binnensteden en locaties waar industrie staat of heeft gestaan kunnen verontreinigde bodems voorkomen. Gasfabrieken die vroeger rond de binnensteden stonden hebben bijvoorbeeld extreem vervuilde bodems achtergelaten. Daarnaast kunnen er zware metalen in de bodem voorkomen en schadelijke stoffen in de bodem te vinden zijn rond voormalige autogarages en tankstations. Bij het dempen van kanalen en overige watergangen zijn er schadelijke materialen als asbest gebruikt als stortmateriaal. Voordat er in de stad gebouwd kan worden wordt middels historisch onderzoek het risico op verontreinigde bodems onderzocht. Vervolgens kan er specifiek onderzoek worden gedaan naar de aanwezigheid van schadelijke stoffen in de bodem (Westerman, 2019).

Na het aantreffen van een verontreinigde bodem, wordt deze gesaneerd. Op dit moment worden hier verschillende methodes voor gebruikt, welke afhangen van de ernst van de verontreiniging. In sommige gevallen wordt het verontreinigde deel verwijderd en afgevoerd om elders

te worden gesaneerd. Een andere methode bij sterke verontreiniging is het inkapselen van de bodem (Bodem+, z.d.). Voorbeelden van deze methode zijn het aanleggen van ondergrondse damwanden, dit is gebeurd in het Griftpark in Utrecht. De bodem kan ook volledig worden afgedekt met bijvoorbeeld bestrating, zo kan er geen contact plaatsvinden met de bovengrond.

De bodem is in staat een balans te vinden in zijn samenstelling. In veel gevallen is het mogelijk dat de bodem de sanering op een natuurlijke wijze zelf oplost. Deze natuurlijke maatregelen kosten tijd, maar het beperkt de impact van de sanering op de omgeving (TAUW, z.d.-b)

Organische stof in de stadsbodem

In de stad krijgen wortels van vegetatie beperkt de ruimte om te groeien. Dit zien we vooral terug bij de groei van bomen. Bomen in de stad krijgen vaak niet de ruimte, zowel boven- als ondergronds, om volledig uit te groeien. Ze worden als een soort straatmeubilair in de straat geplaatst, met enkel een kleine boomspiegel waar de bodem contact kan hebben met de bovengrond (SYLVA, 2022). Ondergronds heeft het wortelstelsel beperkte groeiruimte door kabels en leidingen die in de grond liggen. Daarbij worden wortels vaak als bedreiging voor het aantasten van het leidingennetwerk gezien. Bomen worden door de beperkte ruimte in stedelijk gebied vaak niet veel ouder dan 30 jaar (SYLVA, 2022).

Het leven in de bodem staat niet op zichzelf, het heeft namelijk voedingsstoffen nodig om te kunnen overleven. Belangrijke voedingsstoffen zijn het organisch materiaal dat vegetatie

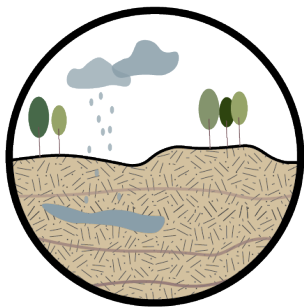
op de bodem achterlaat, waarna bodemorganismen dit op kunnen nemen. Hierbij is het van belang dat het organisch materiaal dat op de bodem achterblijft blijft liggen. In stedelijk gebied komt het regelmatig voor dat gevallen blad wordt opgeruimd, of dat al het onkruid wordt weggehaald. Dit heeft als gevolg dat de bodem weinig organisch materiaal tot zijn beschikking heeft om zich mee te voeden (Badart, 2021).

“Er zijn gecombineerde schattingen in de literatuur aangetroffen voor de totale behoefte aan water en open bodem (met groen) in de stedelijke omgeving. Deze wordt geschat op circa twintig tot veertig procent, waarbij veertig procent als ideaal wordt beschouwd (Technische commissie bodem, 2010).”

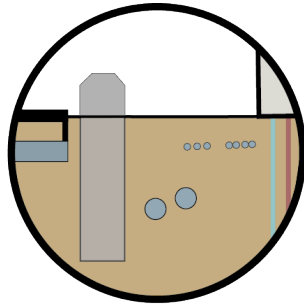
3.1 Bodemrollen

De bodem in de stad kan worden onderverdeeld in functies. Deze functies passen bij rollen die de mens dat deel van de bodem heeft gegeven. De bodem moet bijvoorbeeld onder een gebouw een stabiele basis vormen, in de openbare ruimte moet de bodem een plek bieden voor kabels en leidingen en in het park moet de bodem de spons van de stad zijn. Tussen deze plekken zijn kleine stukken bodem en vegetatie te vinden die de stad aankleden. In de huidige stad zijn de rollen van de bodem veelal gescheiden. Maar in sommige gevallen heeft een stuk bodem meerdere rollen, zoals plekken waar leidingen en bomen dezelfde bodem

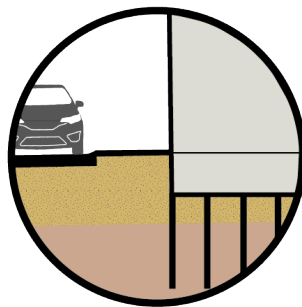
moeten delen. Zo kan elk deel van de bodem worden verdeeld aan de hand van de functie en rol die deze moet vervullen. Zo ontstaat er een onderscheid in typen bodem. Een vergelijkbare indeling is de indeling van Ruimte met toekomst (z.d.) waarbij in wordt gegaan op relevante bodemkwaliteiten.



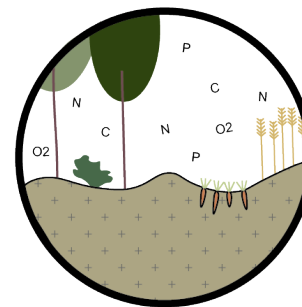
Natuurlijke rol



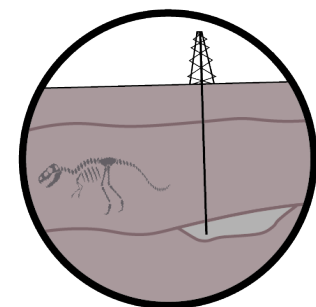
Faciliterende rol



Constructieve rol



Voorzienende rol



Conserverende rol

Natuurlijke rol

Bodem voor water, leven en landschap

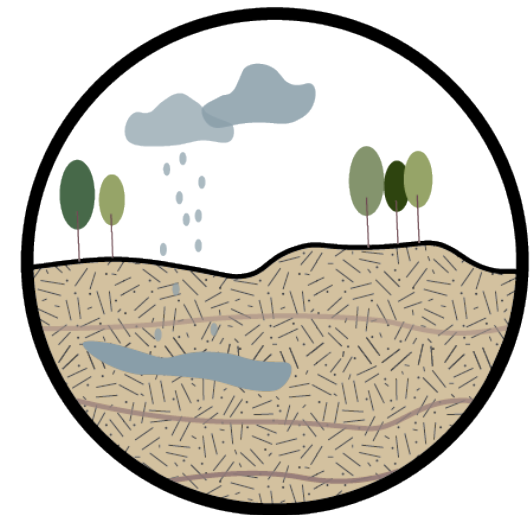
Deze bodem heeft als functie :

- Het watersysteem reguleren. Oftewel, bij een overschot aan water kan deze bodem het water opnemen en vasthouden. Ook kan deze bodem bij een tekort aan water het vastgehouden water langzaam afgeven. De bodem kan dus als spons werken en de voorraad grondwater op peil houden.
- Leven boven de grond mogelijk maken. De boven- en ondergrond staan met elkaar in verbinding. Een bodem die in balans is straalt dit uit naar de bovengrond door gezonde vegetatie te laten groeien en dieren voedsel te bieden.
- Creëren van landschappelijke diversiteit. De bodem vormt de basis voor het landschap.
- Bijdragen in de stoffenkringloop. Het opvangen en vasthouden van stoffen. Zo levert de bodem onder andere een bijdrage in het creëren van onze zuurstof en het reguleren van de temperatuur op aarde.

“De natuurlijke rol van de bodem is ook wel zijn intrinsieke waarde”

Deze natuurlijke rol komt het beste tot uiting als:

- De factoren voor een gezonde bodem in balans zijn. Dit zijn de interacties tussen de bodemstructuur, bodemchemie, bodembiodiversiteit en het organisch stofgehalte.
- De bodemstructuur heeft een “kruimelstructuur met stabiele bodemaggregaten (bodemkluitjes)” (Wageningen Universiteit, z.d.-d).
- De intrinsieke waarde van de bodem kan zijn gang gaan.



Faciliterende rol

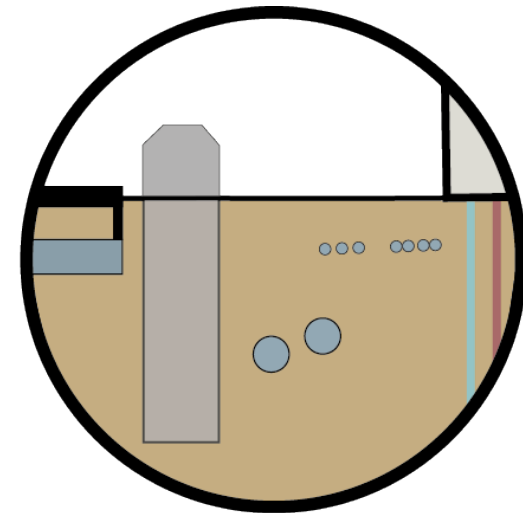
Bodem voor netwerken en voorzieningen

Deze bodem heeft als functie :

- Biedt een plaats voor kabels, leidingen en riolering. Deze bodem moet gemakkelijk te bereiken zijn voor mogelijke vervangings- of herstelwerkzaamheden.
- Biedt een plaats voor ondergrondse voorzieningen, zoals parkeergarages en afvalcontainers.
- De mogelijkheid om energie uit de bodem te halen. Door bijvoorbeeld een WKO of geothermie.

Deze faciliterende rol komt het beste tot uiting als:

- De bodemstructuur heeft een vaste structuur, zodat de ondergrondse elementen op hun plek blijven liggen.
- Er kan gemakkelijk gegraven worden in de bodem om de elementen aan te leggen en onderhoud te plegen.



Constructieve rol

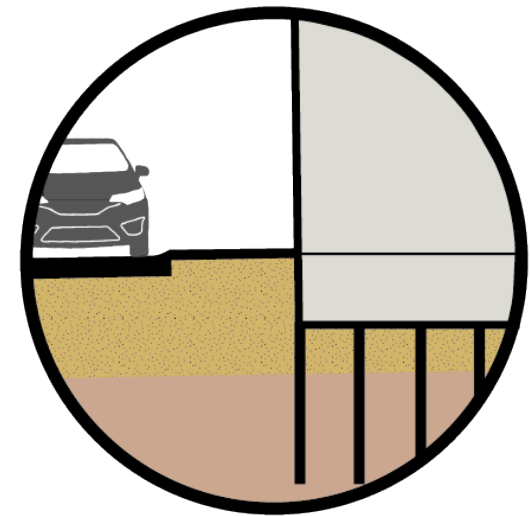
Bodem voor een stabiele basis

Deze bodem heeft als functie :

- Een stabiele basis vormen voor gebouwen. Deze bodem zorgt er voor dat de fundering van gebouwen op een stabiele basis staat.
- Een stabiele basis vormen voor infrastructuur. Deze bodem zorgt er voor dat de fundering van infrastructuur op een stabiele basis staat.

Deze constructieve rol komt het beste tot uiting als:

- De bodemstructuur heeft een vaste en compacte structuur, zodat de draagkracht hoog is. Het moet het gewicht van gebouwen en infrastructuur kunnen dragen.
- Op gronden die minder draagkracht hebben dan zandgronden, wordt deze constructieve bodem vaak aangevuld met een laag ophoogzand. Zo wordt de draagkracht van deze bodem verhoogd.



Voorzienende rol

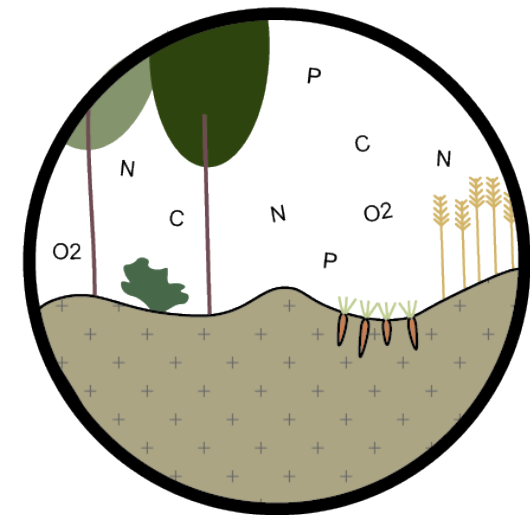
Bodem voor groene netwerken en voedsel

Deze bodem heeft als functie :

- Geschikt voor voedselproductie. Deze bodem is geschikt om door de mens voedsel in te laten produceren.
- Maakt natuur bovengronds mogelijk. De bodem vormt een plek voor vegetatie om hun wortels in te laten groeien.

Deze voorzienende rol komt het beste tot uiting als:

- De bodemstructuur een losse structuur heeft. Wortels van vegetatie kunnen namelijk het beste in een bodem met losse structuur voortbewegen.
- De bodem heeft de mogelijkheid om organisch materiaal op te nemen en dit om te zetten naar voedingsstoffen voor vegetatie.
- Deze bodem heeft toegang tot water nodig om vegetatie van water te voorzien.
- Deze bodem wordt regelmatig geholpen om in de juiste voedingsstoffen en water te voorzien. Als mens voegen we dit toe aan deze bodem.



Conserverende rol

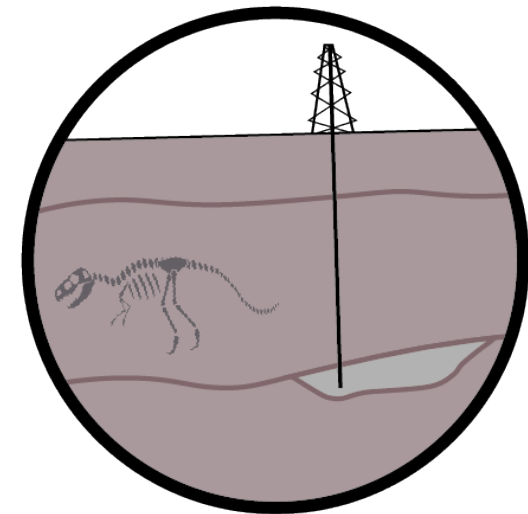
Bodem voor stoffen en materialen

Deze bodem heeft als functie :

- Deze bodem is een bron van delfstoffen, zoals zand, grind en zout.
- Deze bodem is een bron van fossiele brandstoffen, zoals aardgas en aardolie.
- In deze bodem kunnen stoffen worden opgeslagen, zoals (chemische) afvalstoffen.
- In deze bodem blijven archeologische waarden bewaard, ook wel het conserveren van historische elementen. Het gaat dan om elementen die iets over zowel het vroegere landschap als het vroegere leven zeggen.

Deze conserverende rol komt het beste tot uiting als:

- Er moeten niet te veel veranderingen zijn in de samenstelling van de bodem en de bodemchemie. Elementen blijven het beste behouden als er niet aan de bodem wordt gezeten en de omgeving niet verandert.

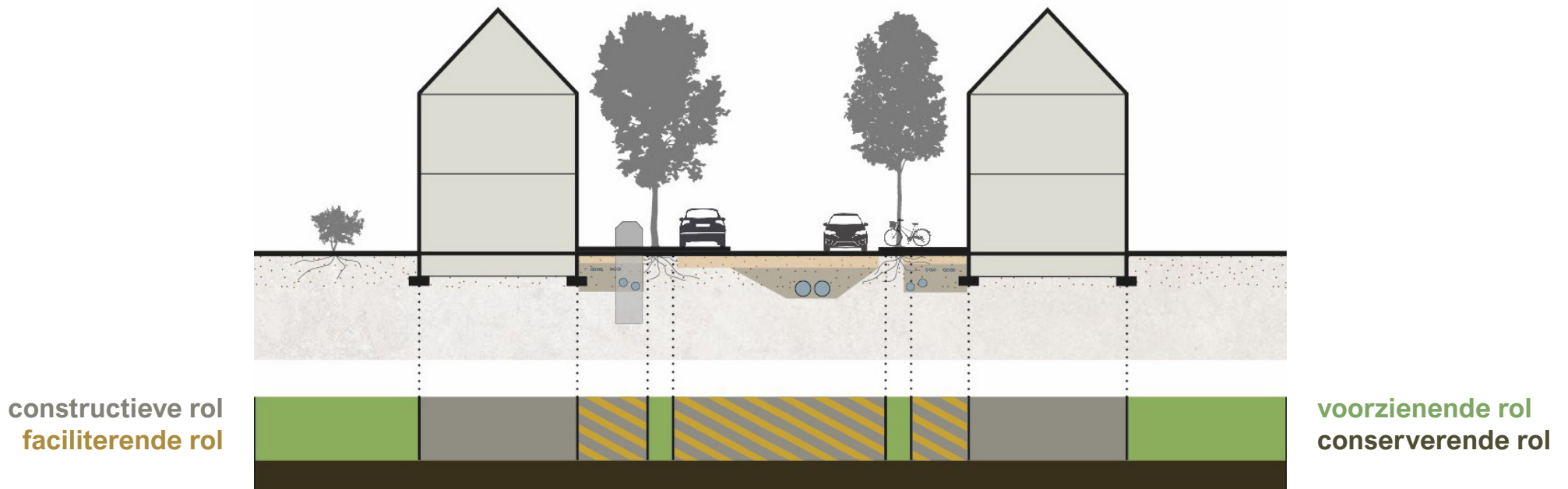


3.1.1 Bodemrollen in de stad

Elke bodem in de stad heeft een eigen rol die deze moet vervullen. Onder gebouwen en infrastructuur heeft de bodem een constructieve rol. Onder infrastructuur in de openbare ruimte wordt deze rol vaak gecombineerd met de faciliterende rol, omdat hier de kabels en leidingen liggen. De voorzienende rol vindt tussen deze rollen een plek. Op private gronden hangt het van de bovengrondse inrichting af of een bodem een voorzienende rol heeft of een constructieve rol. In veel gevallen zijn private gronden afgedekt met bestrating, waardoor ook deze bodem een constructieve rol heeft.

Het valt op dat de natuurlijke rol in een gemiddeld straatbeeld geen plek krijgt. Een bodem krijgt in weinig gevallen als voornaamste functie opgelegd om aan zijn intrinsieke waarde te werken. Terwijl deze bodemrol essentieel is om een stad op een duurzame manier leefbaar te houden. De natuurlijke rol komt in de stad weinig voor, omdat de belangen van een bodem met natuurlijke rol niet overeenkomen met de belangen van een constructieve en faciliterende rol. Deze twee rollen hebben we altijd nodig gehad om op onze gebruikelijke manier een stad in te richten.

Ruimte voor bodem met een natuurlijke rol vormt de basis voor een vitalere bodem in de stad.



3.2 Een vitalere bodem in de stad

∥ In het eerste hoofdstuk werd gesproken over een vitale bodem: “een bodem die vruchtbaar is, biodiversiteit huisvest, ziektes weert, water bergt en voedingsstoffen vasthoudt en gedoseerd afgeeft” (Provincie Noord-Brabant, z.d.). In stedelijk gebied hebben we tijdens het bouwproces een laag van de bodem verwijderd, met als gevolg dat de natuurlijke samenstelling van de bodem niet meer compleet is. Deze laag zal nooit meer in de staat terugkeren zoals deze er ooit was. Wel kan er een nieuw balans na ongeveer 30 jaar ontstaan waarbij de bodem de aangetaste laag probeert te herstellen. Dit kan de bodem doen als het de mogelijkheid krijgt om aan zijn natuurlijke rol, ook wel zijn intrinsieke waarde, te werken. Om de bodem te stimuleren aan zijn natuurlijke rol te werken en zo vitaler te worden zijn er enkele speerpunten waar aan gehouden moet worden.

Voordat er gewerkt kan worden aan de speerpunten voor een vitalere bodem, is het van belang om te weten hoe de bodem in eerste instantie wordt aangetast. Aantasting van de bodem ontstaat hoofdzakelijk door het roeren, afdekken, verdichten of verontreinigen van de bodem (Witteveen+bos en Onearchitecture, persoonlijke communicatie, 22 maart 2023).

Bij bodemroering wordt het gecreëerde ondergronds stelsel omgegooid. Dit stelsel bestaat onder andere uit het

schimmelnetwerk, het wortelstelsel en het gangenstelsel die organismen zoals de regenworm hebben aangelegd. Ook kunnen extreme droogte of een overmaat aan water het bodemleven doen aantasten.

Het afdekken van de bodem met bijvoorbeeld asfalt of een gebouw maakt de interactie tussen boven- en ondergrond onmogelijk. Bodemorganismen kunnen zich op deze plekken niet voeden met organisch materiaal en er kan geen interactie plaatsvinden met plantenwortels. Planten en bomen groeien namelijk niet op deze plekken.

Bij verdichting van de bodem verdwijnt het zuurstof uit de poriën. Wortels en bodemorganismen kunnen zich zo niet door de bodem bewegen.

Als een bodem eenmaal verdicht is kan deze minimaal herstellen, maar na bodemroering kan de bodem na ongeveer 30 jaar weer een nieuw balans vinden. Om de bodemprocessen te kunnen herstellen zal er met bepaalde basisprincipes om moeten worden gegaan, om deze bodem zo vitaal mogelijk te kunnen laten worden. Bodemroering, het afdekken van de bodem en bodemverdichting staan de bodem in de weg om een vitaler systeem te creëren.

Voor een vitalere bodem in de stad zal de natuurlijke rol van de bodem ruimte moeten krijgen. Nadat de natuurlijke rol de

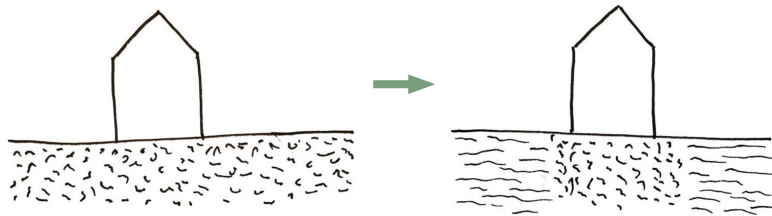
ruimte heeft gekregen zal bij het omgaan met deze bodem aan een paar speerpunten gehouden moeten worden.

De speerpunten zijn:

- Geen bodemroering
- Geen bodemverdichting
- Zoveel mogelijk open bodem
- Ondergrondse verbindingen maken

Geen bodemroering

Bodemroering heeft te maken met de bodemstructuur en bodembiodiversiteit. Het gaat om het graven in de bodem, waardoor de netwerken van bodemorganismen worden aangetast. Bodemroering komt onder andere voor tijdens het bouwproces van een gebouw, het aanleggen van infrastructuur, het bouwen van ondergrondse voorzieningen en het aanleggen, onderhouden en repareren van kabels en leidingen.



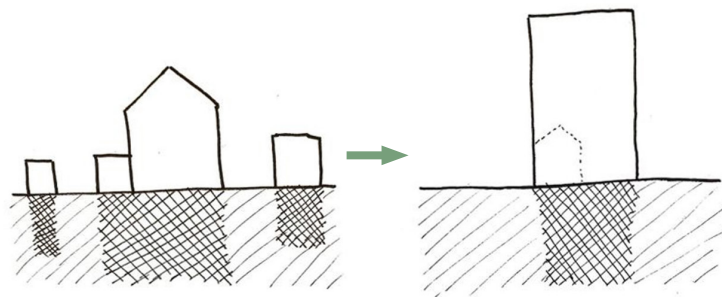
Door de bodem met rust te laten krijgt het bodemleven de kans om een balans te creëren en aan de gewenste structuur te werken. Ook vindt er minder erosie plaats, zoals het verwaaien en uitspoelen van organische stof (Vebego, z.d.). Geen bodemroering resulteert in een bodem die niet enkel bezig is met zijn balans terugvinden, maar deze bodem kan werken aan zijn intrinsieke waarde.

Geen bodemverdichting

Bodemverdichting heeft te maken met de bodemstructuur, bodembiodiversiteit en het organische stofgehalte. De bodem wordt ingedrukt en de structuur van de bodem wordt compacter door het verdwijnen van zuurstof uit de poriën. Dit ontstaat hoofdzakelijk door het te zwaar belasten van de bodem door bijvoorbeeld gebouwen, wegen, ophoogzand en zware machines. Het dichtrijden van de bodem komt veel voor tijdens een bouwproces. Waardoor niet alleen de bodem onder de woning is verdicht, maar ook deze er omheen.

Bodemorganismen kunnen slecht overleven in een dichte bodemstructuur, ook kunnen ze zich niet goed voortbewegen. Een verdichte bodem is een belemmering voor wortelgroei, omdat ook deze niet de ruimte hebben om te groeien. Zo kan vegetatie niet volledig uitgroeien en vermindert na bodemverdichting de conditie van het groen (Vebego, z.d.). Een luchtige bodem met organische stof is echter belangrijk voor de sponswerking van de bodem. In een luchtige bodem infiltreert het water beter en sneller dan in een verdichte bodem. Daarnaast kan de luchtige bodem het water vasthouden, zodat vegetatie ook in droge periodes water tot zijn beschikking heeft (Vebego, z.d.).

Dus door bodem niet te verdichten kan de bodem zijn waterhuishouding reguleren en kan er leven en wortelgroei in de bodem mogelijk zijn. Een probleem bij bodemverdichting is dat het onomkeerbaar is. Als een bodem eenmaal is verdicht, dan kan dit niet meer terugkeren naar een luchtige bodem. Bij veen en kleibodems is dit voornamelijk een probleem. Op zandgronden zien we dat verdichting effect heeft in de ongeveer eerste 60 centimeter van de bodem (W. van Zijverden, persoonlijke communicatie, 31 maart 2023). Onverdichte bodem zou dus met rust moeten worden gelaten, door bijvoorbeeld bestaande funderingen opnieuw te gebruiken. Bij het toch bouwen op onverdichte grond zal er bewust nagedacht moeten worden over welke bodem wordt verdicht en welke onaangetaast blijft. Bijvoorbeeld door het aanleggen van bouwwegen en het plaatsen van bouwmaterialen op toekomstige verhardingen. Enkel tijdens droge omstandigheden wordt er over de bodem gereden en er worden rijplaten aangelegd op onverhard terrein (Grontmij Nederland bv, 2009).



Zoveel mogelijk open bodem

Zoveel mogelijk open bodem heeft te maken met de bodembiodiversiteit en het organische stofgehalte. De bodem wordt in de stad voor een groot deel afgedekt door gebouwen, maar ook verharding dekt de bodem af. Bomen in een straat staan veelal in een kleine boomspiegel met daaromheen bestrating. Plekken met open bodem, zonder ondoorlaatbaar materiaal, komen weinig voor in de stad. De aanwezigheid van open bodem in de stad, gecombineerd met goed beheer en inrichting, kan volgens de Technische commissie bodem (2010) bijdragen aan de volgende punten:

“Milieu:

- water vasthouden, bergen en geleidelijk verdampen, of afvoeren naar het grondwater;
- temperatuur en luchtvochtigheid reguleren;
- stof en gassen uit de lucht vastleggen.

Biodiversiteit:

- vegetatie dragen;
- diversiteit in flora en fauna bevorderen.

Regenwormen

Regenwormen zijn dieren die zorgen voor interactie tussen boven- en ondergrond. Ze zijn belangrijke spelers in het bodemecosysteem en zijn nauw betrokken bij de kwaliteit van de bodem. Ze vervullen meerdere functies, zoals het omploegen van de bodem, het bestrijden van plantenziektes, vervuilde bodem gezond maken en organisch materiaal omzetten in voedsel voor planten. Door het creëren van een gangenstelsel in de bodem kan water gemakkelijker in de bodem filteren en vindt er doorluchting plaats (Blaisse et al., 2020).

Welbevinden:

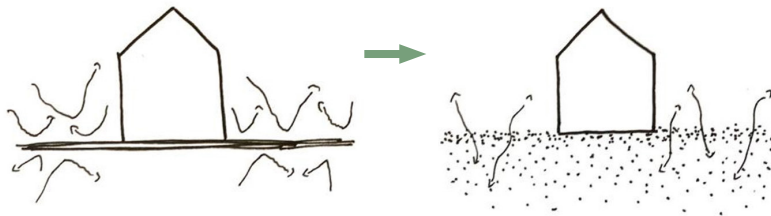
- gezondheid en welbevinden van mensen (groen in de stad).

Economie:

- de economische waarde van een gebied (hogere huizenprijzen, aantrekkelijke vestigingsplaats voor schone bedrijvigheid).”

Om deze bijdragen daadwerkelijk tot stand te laten komen is de totale behoefte aan oppervlaktewater en open bodem (met vegetatie) in de stedelijke omgeving circa 20 tot 40 procent. 40 procent wordt hierbij als ideaal beschouwd en dit percentage is berekend voor de hoeveelheid water en open bodem op wijkniveau. Voor temperatuurregulatie is het van belang dat de open bodem regelmatig is verspreid over kleinere locaties. Een enkele grote locatie met open bodem heeft minder effect. Daarnaast is het voor het bevorderen van de biodiversiteit cruciaal dat er verbinding is tussen plekken met open bodem (Technische commissie bodem, 2010).

Het afdekken van de bodem moet dus zoveel mogelijk worden vermeden. Het ophogen van de bodem met zand is ook een manier van afdekken. Voor het aanleggen van infrastructuur is halfopen verharding een goede oplossing.



Deze vorm van verharding maakt contact tussen boven- en ondergrond nog mogelijk. Water kan zo terplekke infiltreren, wat zorgt voor vocht in deze bodem. Vocht in de bodem is een grote voorwaarde voor bodemleven (W. van Zijverden, persoonlijke communicatie, 31 maart 2023).

Schimmels

Schimmels zorgen er voor dat organisch materiaal als eerste afgebroken wordt, waardoor vervolgens bacteriën het beter kunnen verteren (Commissie Bemesting Akkerbouw/ Vollegrondsgroententeelt, z.d.). Deze schimmels vormen samen een groot netwerk aan schimmeldraden die ze gebruiken om voedingsstoffen door de bodem te transporteren. Doordat de draden erg klein zijn in diameter kunnen ze voedingsstoffen uit compactere bodems halen, terwijl een plantenwortel met een grotere diameter daar niet bij zou kunnen. Schimmels leveren zo voedingsstoffen aan plantenwortels en ze krijgen er andere nutriënten voor terug. Ook een deel van de CO₂ opname van de plant wordt doorgegeven aan de schimmels, waardoor de schimmels een belangrijke rol spelen in het vasthouden van CO₂ (Van den Berg & Stech, 2021).

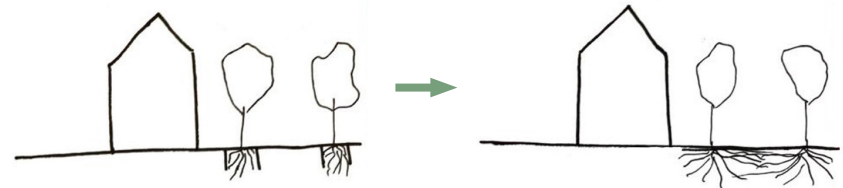
Ook helpen schimmels met hun ondergrondse netwerken bij het verzenden van signalen en het uitwisselen van voedingsstoffen tussen bomen, samen het Wood Wide Web genoemd. Via dit stelsel van schimmeldraden waarschuwen bomen elkaar met elektrische signalen wanneer een boom in nood is (Blaisse et al., 2020). De schimmels zorgen er vervolgens voor dat voedingsstoffen gelijkmatig over de vegetatie wordt verdeeld, zodat ze allemaal kunnen overleven. In bossen met een grote variatie in vegetatie kunnen bomen over grote afstanden met elkaar communiceren via dit schimmelnetwerk (Van den Berg & Stech, 2021).

Ondergrondse verbindingen maken

Ondergrondse verbindingen hebben te maken met de bodembiodiversiteit. Bodem met daarin vegetatie komt nu versnipperd in de stad voor. In de eerste 120 centimeter van de bodem vinden de meeste interacties tussen organismen, boom- en plantenwortels en de bovengrond plaats. Tevens ligt in deze laag het netwerk van wortels, schimmels en bacteriën die bomen en planten met elkaar verbindt, ook wel het Wood Wide Web genoemd. Bomen leven niet geïsoleerd, maar functioneren binnen een groot onder- en bovengronds systeem. Er vindt door bomen uitwisseling van voedingsstoffen plaats tussen parken met veel en divers groen. Waar de straten een bijdrage leveren als verbindingzones tussen deze sterke groene plekken (SYLVA, 2022). Om een gezond ecosysteem te creëren in de stad is het van belang dat er voornamelijk inheemse soorten groeien. Deze planten en bomen passen van nature bij elkaar en kunnen gemakkelijk een systeem vormen. Inheemse soorten zijn een belangrijke voedselbron voor de dieren. Daarbij is het van belang dat er een hoge mate aan diversiteit is in begroeiing. Dus geen straten met enkel dezelfde soort bomen, maar een variatie aan soorten. Deze variatie aan soorten maken het ecosysteem robuuster. Ook helpt het om gelaagdheid toe te passen in vegetatie, zoals een variatie aan hoge en lage bomen, hoge en lage struiken, vaste planten en gras en bloemen (Synchroon, 2023).

De eerste 120 centimeter van de bodem is de belangrijkste laag voor interactie tussen wortels en organismen. In dezelfde eerste 120 centimeter ligt het kabels en leidingen netwerk, die het natuurlijke ondergronds netwerk doorkruist

(W. van Zijverden, persoonlijke communicatie, 31 maart 2023). Vegetatie heeft ondergronds de ruimte nodig om met elkaar te kunnen communiceren. Dit kan het beste wanneer er geen obstakels zijn, zoals kabels en leidingen.



|| Aan de basis van een vitalere bodem in de stad liggen de hiervoor genoemde speerpunten. Dus voordat een bodem vitaler kan worden, zullen we de bodem allereerst zoveel mogelijk met rust moeten laten, ondergrondse verbindingen mogelijk maken, minimaal verdichten en minimaal afdekken. De bodem kan zo aan zijn balans en natuurlijke rol werken, zonder dat deze wordt verstoord. Wanneer de voornaamste rol van de bodem zijn natuurlijke is dan kan een bodem werken aan zijn vitaliteit, dus vruchtbaar zijn, biodiversiteit huisvesten, ziektes weren, water bergen en voedingsstoffen vasthouden en gedoseerd afgeven (Provincie Noord-Brabant, z.d.). De natuurlijke rol van de bodem is ook wel zijn intrinsieke waarde. Een vitale bodem is dus een bodem die de mogelijkheid heeft om zijn intrinsieke rol te vervullen. Andere rollen zitten deze natuurlijke rol dan niet in de weg.

4

**Vitalere bodem als basis voor
een verstedelijkingsopgave**

4.1 Verstedelijkingsopgave

\\ Nederland heeft te maken met grote opgaven die in een relatief beperkte ruimte opgevangen moeten gaan worden. Deze opgaven bestaan uit:

Er moet een groot aantal nieuwe woningen worden bijgebouwd, om de opwarming van de aarde te beperken moeten er locaties worden gevonden voor windmolens en zonnepanelen, en door klimaatverandering, de landbouw, woningbouw en bedrijvigheid staat de draagkracht van de bodem, het water en de biodiversiteit onder grote druk. (Planbureau voor de Leefomgeving, 2021, p. 9)

Op dit moment heeft Nederland een woningbouwopgave van 900.000 woningen tot het jaar 2030. Dit kan om nieuw bouwen of transformatie van bestaande gebouwen gaan. Bij het realiseren van deze woningen moet er rekening worden gehouden met de opgaven om Nederland klimaatbestendig te maken, de energietransitie, stikstof, landbouw, natuur inclusief bouwen en bedrijvigheid. In Nederland zijn er voldoende locaties in kaart gebracht die deze nieuwe woningen op kunnen vangen, dit zijn zowel locaties waarbij binnen- en buitenstedelijk gebouwd kan worden. Op veel plekken betekent dit een grote opgave om deze nieuwe woningen goed in te kunnen passen in de bestaande ruimtelijke context. Al deze te ontwikkelen woningen zullen moeten worden uitgevoerd waarbij bodem en water sturend is (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2022).

De opgaven voor verstedelijking zijn in de volgende kleinere opgaven te verdelen:

- Circulaire stad: lineaire processen omzetten in circulaire processen. Onder andere energietransitie
- Functionele stad: ruimtevraag
- Klimaatbestendige stad: stad klimaatadaptief maken
- Diverse stad: diversiteit binnen de stad
- Betrokken stad: sociale inclusiviteit
- Coöperatieve stad: samen werken aan de stad

De Circulaire stad, Functionele stad en Klimaatbestendige stad worden verder uitgewerkt, aangezien bij deze drie opgaven de bodem een grote rol speelt binnen de oplossingen. De focus ligt bij de circulaire stad op de energietransitie. De energietransitie lijkt veel te gaan vragen van de bodem, het vraagt om ruimte in de bodem en om energiebronnen uit de bodem. Bij de functionele stad ligt de focus op de verdeling van de ruimte in de stad. Er is vraag naar nieuwe woningen, dit gaat gepaard met nieuwe infrastructuur. Maar dit staat tegenover de vraag voor meer bodem en groene plekken in de stad. De ruimte in de stad zal dus weloverwogen ingericht moeten worden. Bij de klimaatbestendige stad ligt de focus op het klimaatadaptief maken van de stedelijke omgeving. Er zullen aanpassingen moeten worden gedaan om de stad bestand te maken tegen het klimaat.

4.1.1 Circulaire stad

Huidige situatie

Het overgrote deel van de woningen en gebouwen in Nederland is niet aardgasvrij en slecht geïsoleerd. In 2020 waren er van de 8 miljoen gebouwen in Nederland 717.000 aardgasvrije woningen (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2022).

Veel processen in de stad zijn lineair. We produceren veel afval, ook in ons huidige bouwproces.

4.1.2 Functionele stad

Huidige situatie

Woningtekort van bijna een miljoen woningen.

De ruimte in de stad wordt steeds schaarser door inbreiding en een grotere vraag naar openbaar groen (College van Rijksadviseurs, 2022). Er komt steeds meer druk te staan op het huidige infrastructuurnetwerk.

Onder de grond wordt de ruimte schaarser. Nieuwe (warmte)netwerken moeten onder de grond een plek krijgen. Daarnaast is bovengronds de ruimte schaars voor voorzieningen waardoor een deel naar de ondergrond wordt verplaatst, zoals parkeergarages en bioscopen.

Toekomstige situatie

Er zal geïnvesteerd moeten worden in een nieuw warmtenet. Er moet boven en onder de grond gekeken worden naar de mogelijkheden om dit warmtenetwerk aan te leggen (College van Rijksadviseurs, 2022).

Processen blijven binnen de stad en worden circulair opgelost. Bouwen met hernieuwbare of hergebruikte materialen.

Toekomstige situatie

Iedereen kan een passende woning vinden.

We zullen slim om moeten gaan met de ruimte in de stad. Ruimte voor infrastructuur en parkeren zal op een slimme manier ingeperkt moeten worden. Op sommige plekken worden mobiliteitshubs, een sterk openbaar vervoer netwerk en deelmobiliteit al ingezet als oplossing voor deze ruimtevraag (College van Rijksadviseurs, 2022).

De ruimte onder de grond is efficiënt ingedeeld.

4.1.3 Klimaatbestendige stad

Huidige situatie

In steden hebben we steeds vaker te maken met wateroverlast, droogte en hittestress. De huidige inrichting van de stad is niet bestand tegen dit extremer wordende weer.

We hebben een lage biodiversiteit in de stad. Nu kunnen regulerende ecosysteemdiensten niet optimaal functioneren en zo is ons leefklimaat niet optimaal in de stad (Wageningen Universiteit, z.d.-b).

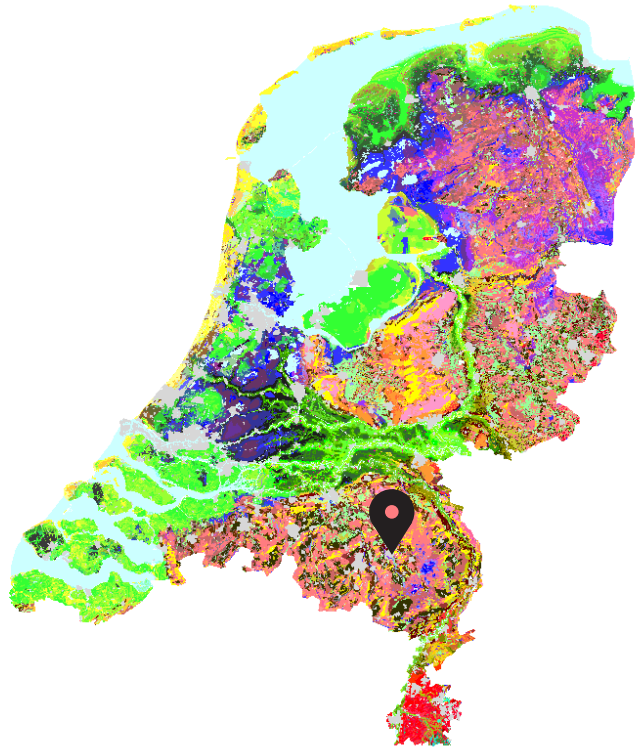
We zijn steeds meer met onze gezondheid bezig en de hoeveelheid die we per dag bewegen.

Toekomstige situatie

Steden moeten klimaatbestendig worden. Om dat te bereiken zullen water en groen, zowel boven als onder de grond, een prominente rol moeten krijgen in de stad (Wageningen University & Research, 2018).

Een grote mate aan biodiversiteit in de stad ondersteunt de productie van ecosysteemdiensten. Door deze diensten is er een gunstige leefomgeving en draagt het bij aan het welzijn van de bewoners (Wageningen Universiteit, z.d.-b).

De aanwezigheid van groen in de stad vermindert bij mensen de hoeveelheid stress. Daarnaast bewegen we graag in het groen en kunnen kinderen er spelen (Wageningen University & Research, 2018).



Transformatielocatie Helmond-Oost

Voor de toekomstige situaties van de circulaire-, functionele- en toekomstige stad worden in een wijk in Helmond oplossingen genoemd waarbij de bodem sturend is. Voor elke bodemrol worden voorbeelden gegeven die ruimte bieden aan een vitalere bodem in deze voorbeeldstraat.

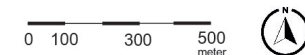
4.2 Helmond-Oost

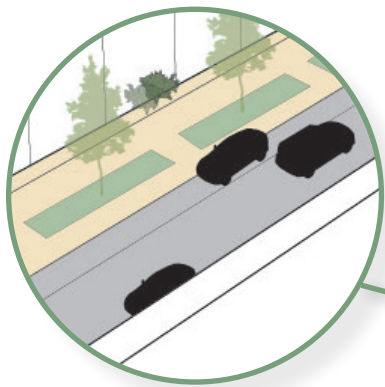


Helmond-Oost is een grote wijk die in de jaren '60 en '70 is gebouwd. De wijk heeft op een paar voorzieningen na een woonfunctie. Deze woningen zijn een mix van grondgebonden en niet grondgebonden woningen. Op het gebied van bodem heeft de wijk een centrale parkzone met een variatie aan boomsoorten. Door de rest van de wijk ligt kleinschalig groen verspreid met een minimale invulling. Deze groene plekken staan slecht met elkaar in verbinding. Een deel van de straten zijn ingericht met bomen van dezelfde soort en deze zijn geplaatst tussen verharding. Een deel van de straten bevat enkel verharding en de bodem is hier afhankelijk van het groen in de voortuinen. Zo is er in Helmond-Oost, op het park en kleine groenplekken na, geen plek voor de natuurlijke rol van de bodem. Dit zorgt onder andere voor problemen als wateroverlast en hittestress.

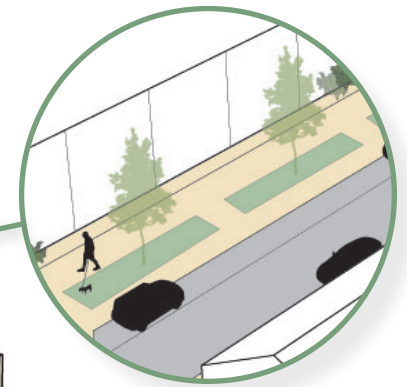


Overzichtskaart Helmond-Oost.
Oranje aanduiding is de transformatielocatie.

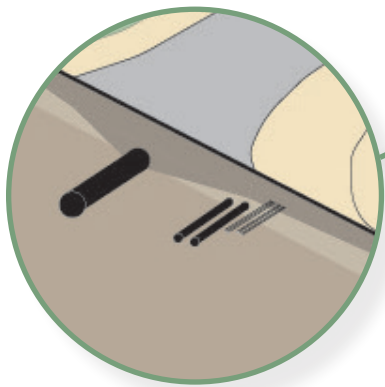
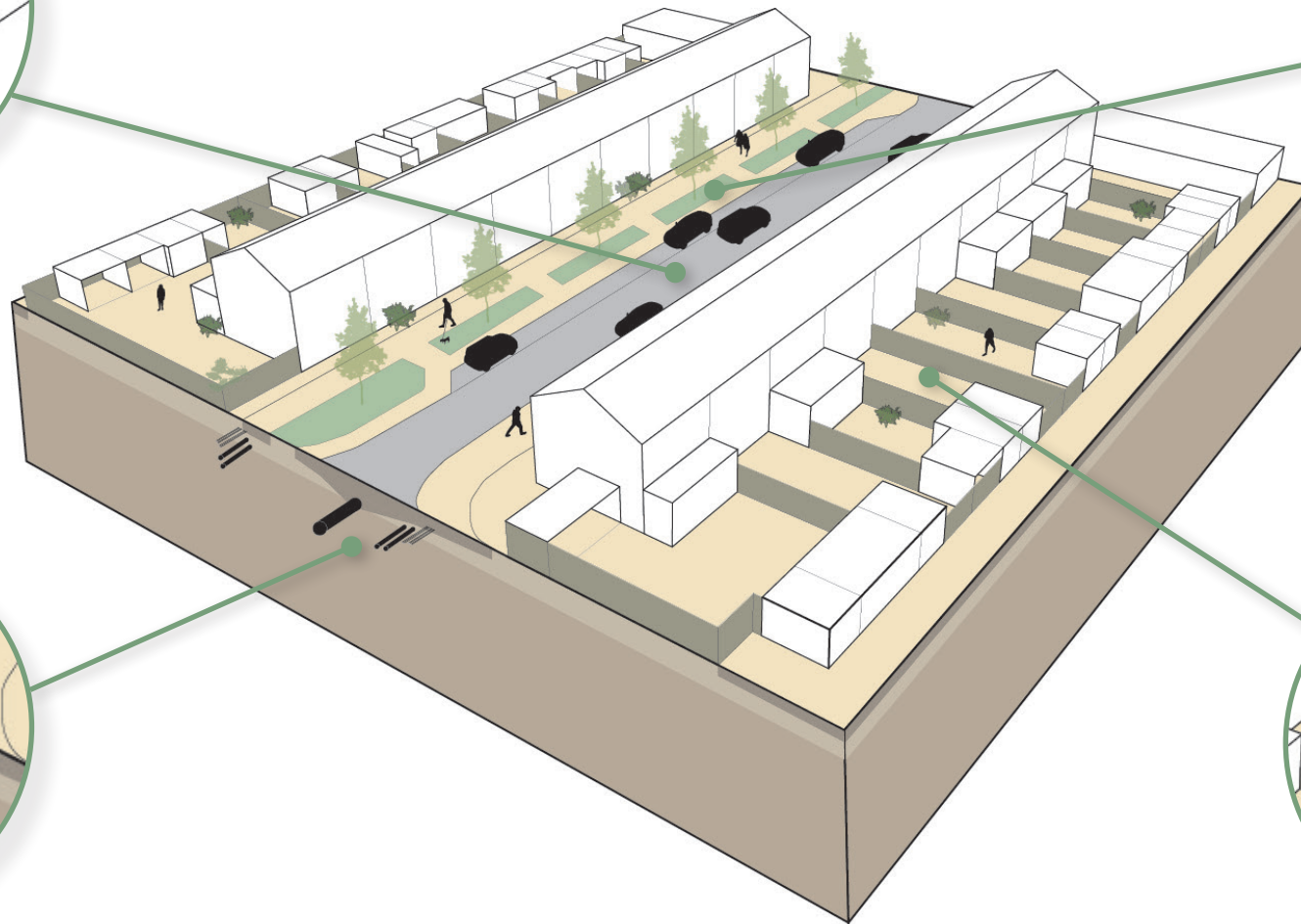




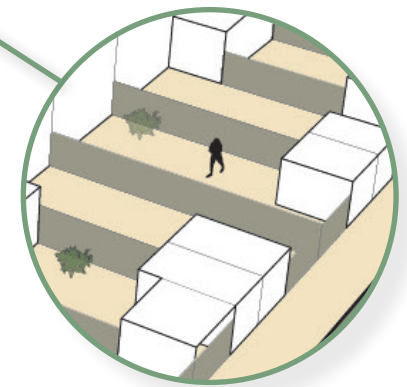
In deze straat is veel ruimte gereserveerd voor de auto. Er ligt een brede weg van asfalt met aan weerszijden van de weg de mogelijkheid om auto's te parkeren.



Kleine lindebomen staan in vakken met gras parallel aan de straat.



Kabels en leidingen liggen in de bodem onder de openbare ruimte. Samen met de fundering van de verharding liggen ze in de belangrijke leeflaag, de eerste 120 cm van de bodem.



Voor- en achtertuinen bestaan uit een combinatie van verharding en open bodem met planten. Achtertuinen hebben elk een eigen schuurtje en eventueel een overkapping.

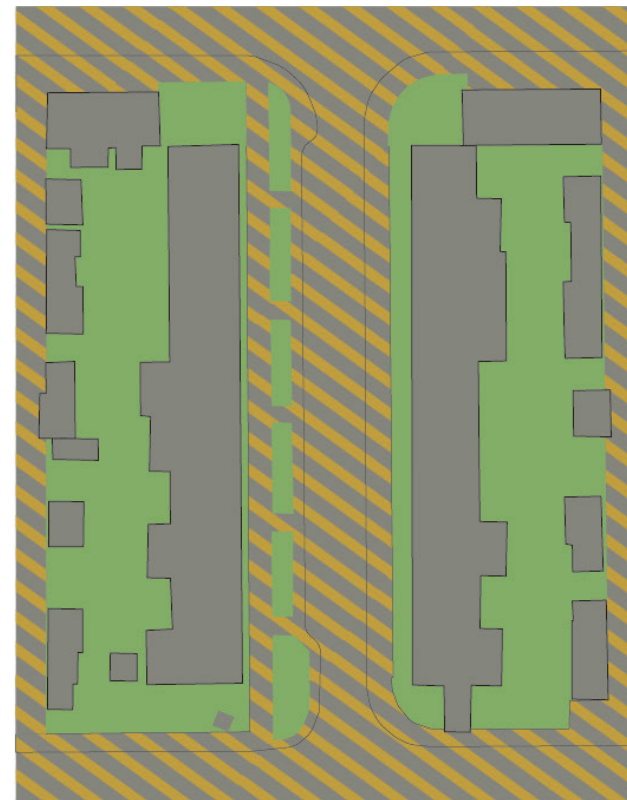
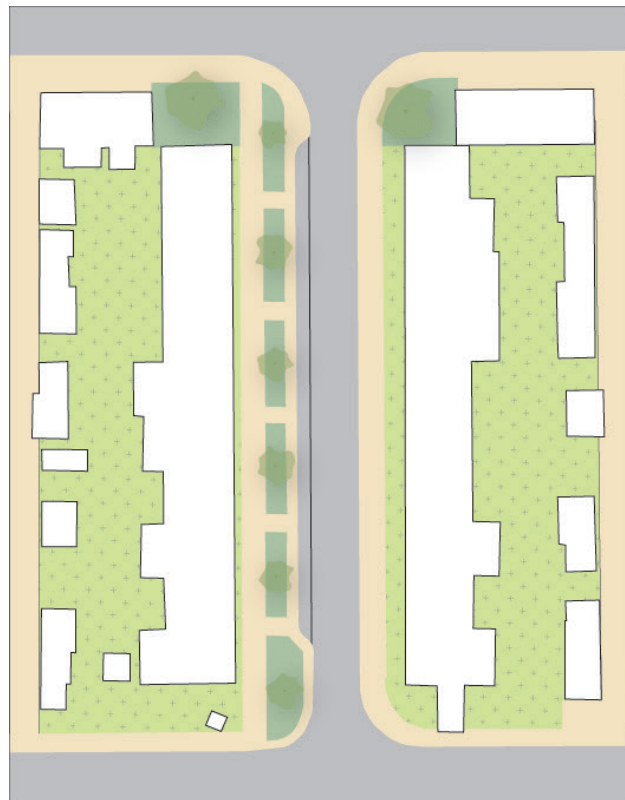


4.2.1 Huidige verdeling van de bodemrollen

In de huidige situatie krijgt de natuurlijke rol van de bodem geen ruimte in de straat. De publieke ruimte wordt gebruikt als plaats om infrastructuur in aan te leggen en de bodem hieronder wordt gebruikt als ruimte voor een netwerk van kabels en leidingen. Tussen deze functies zijn er groene plekken als eilandjes in de straat geplaatst, met daarin

bomen als aankleding. In de tuinen is een afwisseling van groen en bestrating te vinden. De groene plekken staan ondergronds slecht met elkaar in verbinding en kunnen zich slecht ontwikkelen tot vitalere bodems. Het grootste deel van de bodem is namelijk afgedekt, wordt regelmatig omgewoeld en is in veel gevallen verdicht.

elementen die in de huidige situatie op de bodem te vinden zijn



constructieve rol
faciliterende rol
voorzienende rol
conserverende rol

huidige verdeling van de bodemrollen



4.3 Circulaire stad

Een nieuwe inrichting voor een straat in Helmond-Oost. Dit is gedaan aan de hand van maatregelen die bijdragen aan een vitalere bodem in een circulaire stad.

Leeswijzer voor de volgende pagina's

De kleur van de tekst laat de betreffende bodemrol zien. Alle maatregelen werken toe naar een straat met zoveel mogelijk ruimte voor de natuurlijke rol. Dit gebeurt met maatregelen die passend zijn bij de verstedelijkingsopgave die is uitgelicht.

De toelichting van de maatregelen zijn verdeeld over de betreffende speerpunten voor een vitalere bodem. De maatregelen hebben namelijk elk als effect dat er wordt gewerkt aan één of meerdere speerpunten. Ook zijn de maatregelen gelinkt aan de bodemrollen door de kleur die voor de tekst te zien is. De maatregelen passen bij een rol en elk werken ze richting het creëren van meer bodem met een natuurlijke rol.

natuurlijke rol

constructieve rol

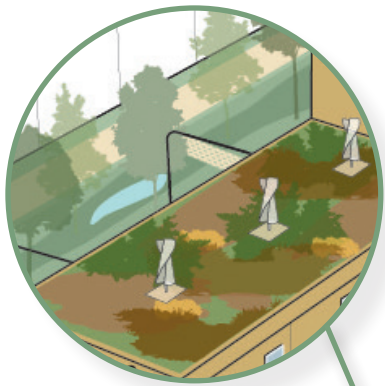
faciliterende rol

voorzienende rol

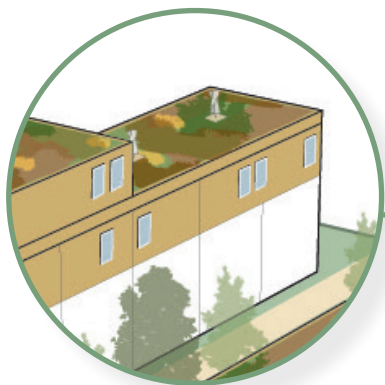
conserverende rol

Stappen richting een vitalere bodem in de bestaande stad:

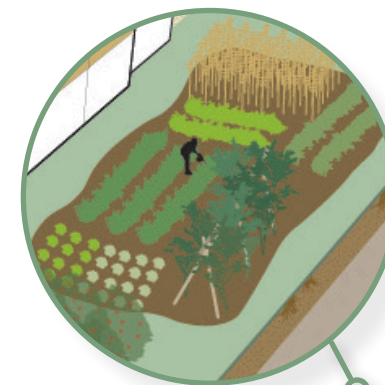
- Voor de huidige situatie de verdeling van de bodemrollen vaststellen
- Bepalen op welke plekken de bodem de natuurlijke rol krijgt
- De rollen die voor de natuurlijke rol moeten wijken op een andere manier een plek geven.
- Bij de vorige stappen rekening houden met de speerpunten voor een vitalere bodem:
 - o Geen bodemroering
 - o Geen bodemverdichting
 - o Zoveel mogelijk open bodem
 - o Ondergrondse verbindingen maken



Hemelwater is afgekoppeld. Groene daken vangen voor een deel het water op.



Woningen worden gesplitst en bij de bestaande woningen wordt optoppen toegepast.



Stadslandbouw wordt toegepast.

Bouwmaterialen komen uit de omgeving.

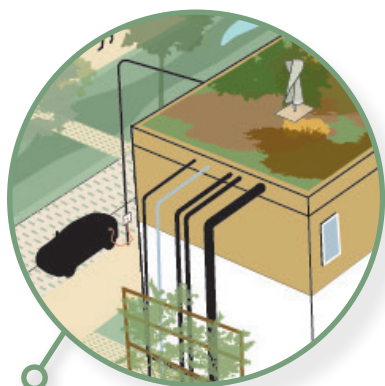
De stad als eigen ecosysteem.



Bodem

Ondergrond

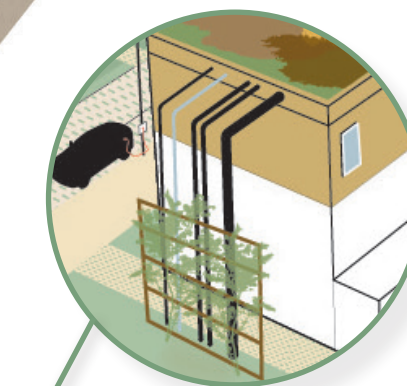
Gebruik maken van de huidige grond in de stad.



Kleine windmolens op het dak. Energie naar elektrische auto's.

Gebouwen en funderingen worden zoveel mogelijk hergebruikt.

Shared living.



Kabels en leidingen liggen boven in de woningen.

Geen bodemroering

De kabels en leidingen zijn uit de bodem gehaald en hebben boven de grond een plek gekregen, namelijk op de gebouwen. Op de bestaande woningen zijn nieuwe woningen toegevoegd. Met de bouw van deze nieuwe woningen wordt er een extra laag toegevoegd waar de kabels en leidingen in worden aangelegd. Dit kan worden gedaan in combinatie met het overstappen op een alternatieve warmtebron dan gas. Voor reparaties en onderhoud hoeft men niet in de bodem te graven, waardoor de bodem op dit gebied onaangetast blijft. Elke rij woningen heeft zijn eigen riolering, waterleiding, warmtenet en kabels. Zo hoeft de straat niet doorkruist te worden met huisaansluitingen. Om de rijwoningen met elkaar te verbinden gaan de kabels en leidingen wel de bodem in, echter gebeurt dit met een integrale kabel en leidingentunnel. Zo zijn de kabels en leidingen geclusterd en zijn ze gemakkelijk te bereiken voor onderhoud. De kabels en leidingen zijn dus even te zien voordat ze onder de grond of in het gebouw verdwijnen, dit maakt het netwerk zichtbaar en zo zijn bewoners bewuster van de voorzieningen die ze gebruiken. Om bewoners te laten realiseren hoeveel water ze gebruiken, kan de waterleiding doorzichtig worden gemaakt zodat ze het water zien stromen.

De optie om een helofytenfilter toe te passen is onderzocht, zodat grijs en zwart water op locatie gezuiverd kan worden. Zo wordt de waterkringloop kleiner, al helemaal als het water uit het helofytenfilter wordt hergebruikt voor bijvoorbeeld het doorspoelen van het toilet. De rioolwaterzuivering wordt tevens ontlast, omdat ze de helft minder afvalwater hoeven te zuiveren (Van Hall-Larenstein, 2010). Echter

neemt deze vorm van waterzuivering veel ruimte in beslag in de ondergrond van de openbare ruimte, terwijl ruimte ondergronds hier al schaars is. Er blijft na het aanleggen van het filter weinig ruimte voor de natuurlijke rol van de bodem over. Voor het filter moeten er namelijk meerdere tanks worden ingegraven, zoals een vetafscheider en septic tank. Ook moet er een nieuw netwerk van leidingen worden aangelegd voor het helofytenfilter. In vergelijking tot het huidige riool vraagt het helofytenfilter om nog meer ruimte in de ondergrond. Alternatieven voor het hergebruiken van grijswater zijn het aqualoopsysteem en het hydraloopsysteem. Deze systemen vangen het water van onder andere de wasmachine, wasbakken en douche op en zuiveren het water zodat het gebruikt kan worden voor het doorspoelen van het toilet, de wasmachine en het besproeien van de tuin. Voor deze systemen moeten units in de woning of in de ondergrond naast de woning worden geplaatst. Dit vraagt wel om de nodige ruimte in bestaande woningen (Van der Meij, 2021).

Geen bodemverdichting

Bestaande gebouwen en funderingen worden zoveel mogelijk hergebruikt door optoppen en woningsplitsing toe te passen. Optoppen gebeurt door woningen met een kleiner woonoppervlak toe te voegen, aangezien in de toekomst de huishoudens kleiner zullen zijn. Voor de circulaire stad betekent deze manier van bouwen dat er minder materiaal wordt gebruikt en dat bewoners minder spullen aan kunnen schaffen. Voor de bodem betekent deze oplossing dat onaangetast bodem met rust wordt gelaten,

waardoor minder bodem wordt verdicht (W. van Zijverden, persoonlijke communicatie, 31 maart 2023). Ook betekent het dat er geen nieuw ophoogzand gebruikt hoeft te worden om nieuwe funderingen aan te leggen.

Een andere verandering is het toepassen van shared living. Dit betekent minder private tuinen, waardoor men samen kan werken aan bodem en groen (Sweco, z.d.). In veel gevallen zijn tuinen bestraat en heeft iedereen zijn eigen tuinhuisje. Wanneer men gezamenlijk tuingereedschap heeft is dit niet nodig en bespaart het op materiaalaanschaf. Samen leert en werkt men vervolgens aan een vitalere bodem.

Zoveel mogelijk open bodem

Hemelwater wordt niet via het riool afgevoerd, maar het krijgt de mogelijkheid om terplekke in de bodem te infiltreren. Door de toevoeging van open bodem in deze straat, de wadi, de halfopen verharding en groene daken kan het water langzaam de bodem in zakken. Zodat de bodem en vegetatie in droge periodes ook water tot zijn beschikking heeft. Voor een goed werkende waterregulatie moet de hoeveelheid open bodem op deze zandgronden gelijk staan aan de helft van het verharde oppervlak. In deze situatie is hier aan voldaan. Als extra opvang van regenwater is hier een wadi toegepast, waar vijftien procent open bodem ten opzichte van het verharde oppervlak voor nodig is (Technische commissie bodem, 2010). Tevens dragen de groene daken bij aan het opvangen en vasthouden van water.

De extensief groene daken helpen bij de regenwateropvang, maar ze dragen ook bij aan het vergroten van de biodiversiteit in de stad. Een extensief groen dak kan in veel gevallen al

op de bestaande constructie worden toegepast, waardoor er wordt bespaard op materiaal voor een nieuwe constructie (Van der Meij, 2021).

Door stadslandbouw in de straat toe te passen gaat de stad steeds meer zijn eigen ecosysteem vormen. De footprint van de stad wordt kleiner, omdat er minder vervoersbewegingen plaats zullen vinden naar de consument in de stad. Daarnaast vraagt stadslandbouw om onverhard oppervlak om op te kunnen telen, dit bevordert de infiltratie van water in de bodem (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), 2017). Bij het werken aan een vitalere bodem vraagt het toepassen van stadslandbouw wel om een andere aanpak. Om de bodem zo vitaal mogelijk te laten worden zal de no dig-methode toegepast moeten worden. Er wordt zo niet geploegd en gespit in de tuin. Het leefmilieu onder de grond wordt zo niet aangetast (Schreiner, z.d.). Deze methode vraagt om veel gebruik van compost dat op de bodem wordt aangebracht. Deze compost wordt gemaakt van het groente-, fruit- en tuinafval dat door de bewoners in de straat wordt geproduceerd. Dit afval wordt op een gezamenlijke plek omgezet tot compost.

Ondergrondse verbindingen maken

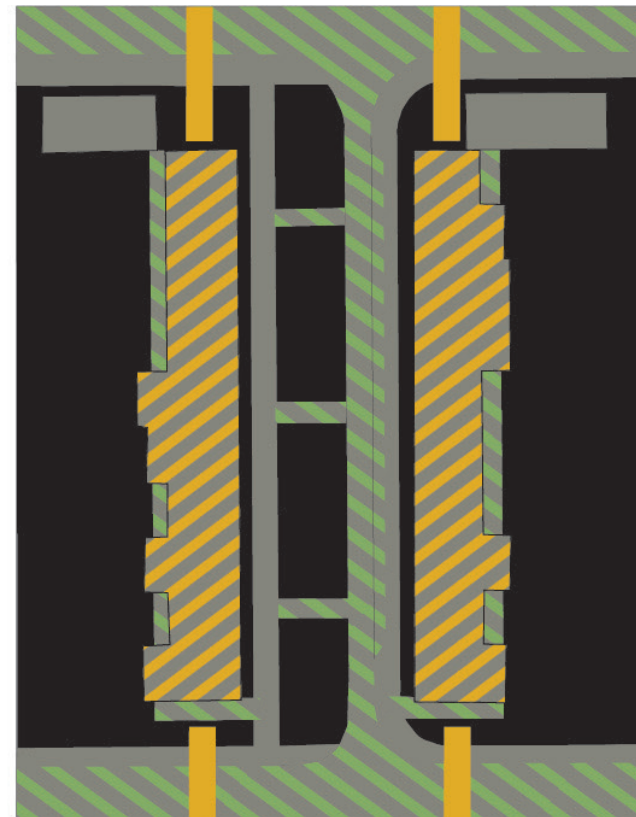
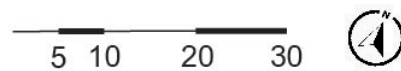
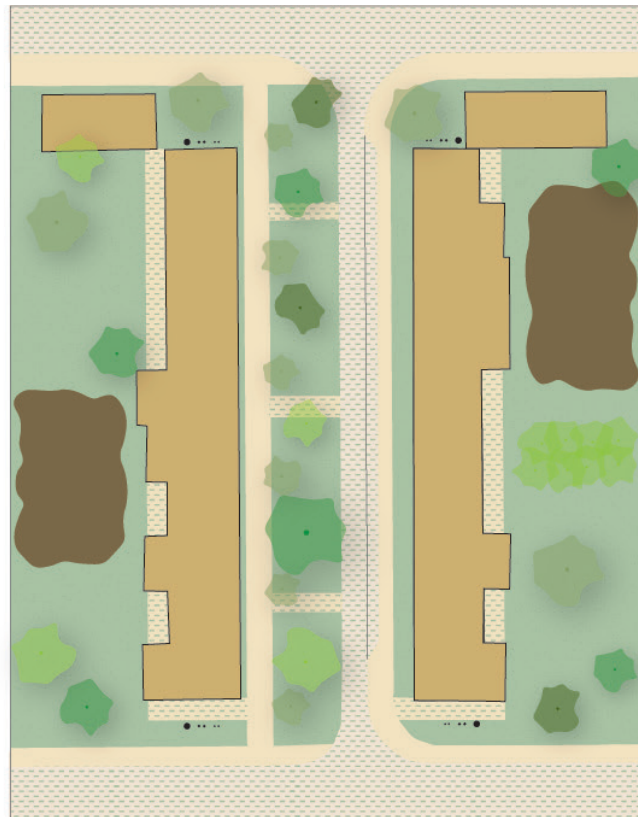
Bij het aanleggen van het nieuwe groene oppervlak wordt de huidige grond in de straat gebruikt. Nieuwe grond wordt niet van elders aangevoerd. Bij voorkeur wordt in de bestaande grond zo weinig mogelijk gewoeld en geschept (W. van Zijverden, persoonlijke communicatie, 31 maart 2023). Bestaande ondergrondse verbindingen in de bodem blijven zo in stand, zodat bijvoorbeeld de schimmels en regenwormen niet hoeven te werken aan het herstellen van de aangelegde ondergrondse netwerken.

4.3.1 Nieuwe verdeling van de bodemrollen

In de circulaire stad heeft de natuurlijke rol veel ruimte gekregen. De faciliterende rol is gecombineerd met de constructieve rol. De voorzienende rol heeft een plek gekregen in de open verharding en combineert zich zo ook met de constructieve rol. Van de bodem rond de woningen wordt niets verwacht, enkel dat deze voor een groene plek

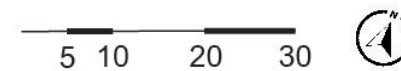
zorgt waar bewoners in kunnen verblijven en voedsel in kunnen verbouwen. Dit alles gebeurt terwijl er rekening wordt gehouden met de speerpunten voor een vitalere bodem. Dit maakt dat deze bodem zich volledig kan richten op het werken aan zijn intrinsieke waarde.

elementen die in de circulaire stad op de bodem te vinden zijn



natuurlijke rol
constructieve rol
faciliterende rol
voorzienende rol
conserverende rol

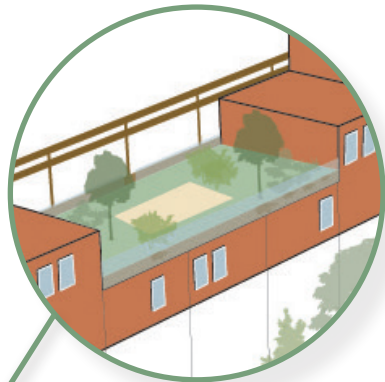
nieuwe verdeling van de bodemrollen





4.4 Functionele stad

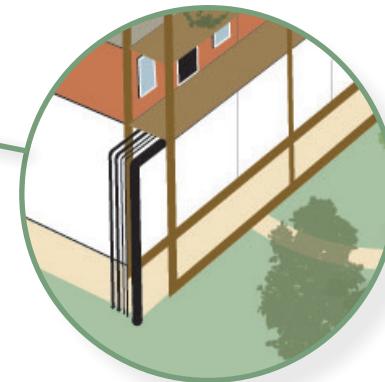
Een nieuwe inrichting voor een straat in Helmond-Oost. Dit is gedaan aan de hand van maatregelen die bijdragen aan een vitalere bodem in een functionele stad.



Daktuinen toepassen, om bij te dragen aan het groene netwerk

Meerdere voorzieningen bij elkaar brengen, en zo het grondbeslag verkleinen. Dit kan bovengronds en ondergronds in een soort 'bouwputten' (De Boer et al., 2022).

Kabels en leidingen liggen in de galerijvloer.



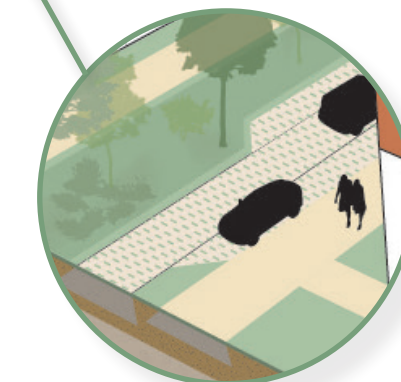
Lichtgewicht en prefab bouwen

Optoppen bij bestaande woningen



Groene gevels toepassen, om bij te dragen aan een aaneengesloten groen netwerk

Halfopen verharding als vervanging van het asfalt.



Geen bodemroering

Kabels, leidingen en riolering zijn hier uit de bodem gehaald en in de gallerijvloer aangelegd. De nieuw toegevoegde woningen moet men kunnen bereiken en dit is gedaan door een gallerij aan de achterzijde van de rij woningen te bouwen. Het netwerk dat is verwerkt in de gallerij is voor bewoners zichtbaar en het is gemakkelijk te bereiken voor onderhoud. Wanneer de gallerij ophoudt verdwijnt het netwerk onder de grond in een integrale kabels en leidingen tunnel. Elke rij woningen heeft zo zijn eigen gallerij met een eigen kabels en leidingen netwerk.

Geen bodemverdichting

Door de grote vraag naar woonruimte, maar de beperkte ruimte in de bestaande stad, kunnen er woningen op de bestaande woningen worden geplaatst. Dit vraagt iets van de huidige constructie van de woningen en deze zal vanwege het toe te voegen gewicht aangepast moeten worden. Een voordeel van het optoppen is het onaangestast blijven van de niet verdichte bodem in de stad. Tijdens het bouwproces moet ook rekening worden gehouden met de bodem. Het is van belang dat tijdens het bouwproces de bodem niet met zware machines wordt dichtrijden (W. van Zijverden, persoonlijke communicatie, 31 maart 2023). Het gebruik van rijplaten is al een oplossing voor het verminderen van ondergrondverdichting (IUCN NL, 2022). Ook zullen bouwmaterialen voor het gebruik niet op open bodem neergezet moeten worden, maar op al verhard terrein. Zo wordt niet onnodig open bodem verdicht.

Wanneer bovengronds te weinig ruimte is voor voorzieningen zouden deze ondergronds een plek kunnen krijgen. Dit moet wel op plekken gebeuren waar de bodem al verdicht is, zodat onverdichte bodem onaangestast blijft. Wanneer er in de ondergrond wordt gebouwd gaat de voorkeur uit naar een grote bouwput waar veel voorzieningen bij elkaar komen, in plaats van een grote hoeveelheid kleine plekken waar ondergronds is gebouwd. Zo raakt op enkele plekken de bodem aangestast en niet op veel plekken door de hele stad (De Boer et al., 2022).

Zoveel mogelijk open bodem

De daken van de nieuw geplaatste woningen worden verrijkt met een intensief groen dak. Deze daken bevatten een dikke substraatlaag van ongeveer een meter dik, met daaronder een drainagelaag. De substraatlaag biedt ruimte voor de processen in de bodem en er kunnen grassen, kruiden, struiken en volledige bomen op groeien. Deze toegevoegde open bodem kan tijdens een regenbui grote hoeveelheden water opvangen en tijdelijk vasthouden (Synchroon, 2023). De daktuinen dragen bij aan het vergroten van de hoeveelheid open bodem in de stad. De totale behoefte aan oppervlaktewater en open bodem (met vegetatie) in de stedelijke omgeving is circa 20 tot 40 procent (Technische commissie bodem, 2010).

De auto behoudt zijn plek in de straat, maar om de bodem de mogelijkheid te geven water op te vangen worden de rijbaan en parkeerplaatsen vervangen door halfopen verharding (W. van Zijverden, persoonlijke communicatie, 31 maart 2023). De stoep krijgt geen halfopen verharding, zodat de straat voor iedereen toegankelijk blijft.

Ondergrondse verbindingen maken

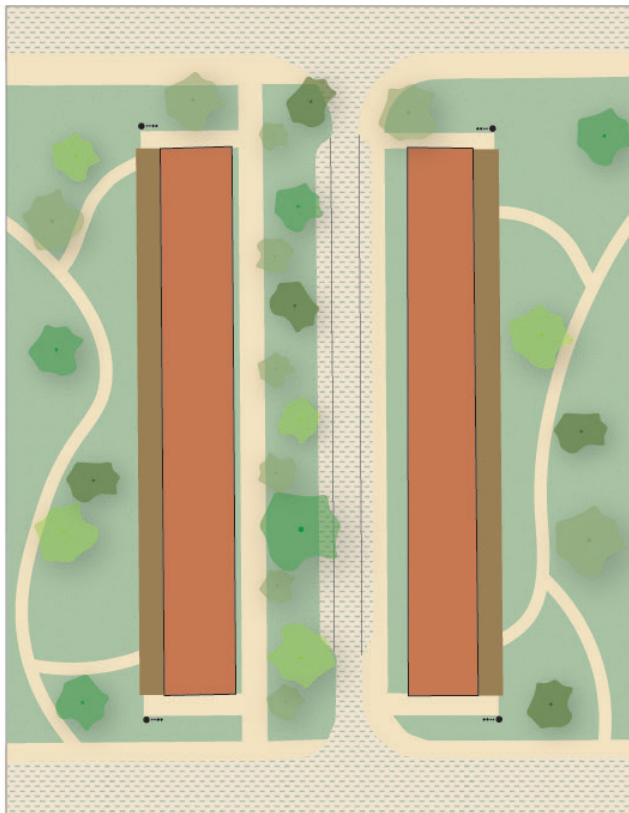
Om de groene verbinding te maken tussen de bodem en de daktuinen, worden er groene gevels toegepast. Het bodemleven en de biodiversiteit bovengronds staan zo met elkaar in verbinding en zo kan het een ecosysteem vormen.

“Bodem hoeft helemaal geen functie te hebben, het recht om te bestaan is voldoende (een van de 13 projecten tijdens de eerste intervisiesessie, 15 februari 2023).”

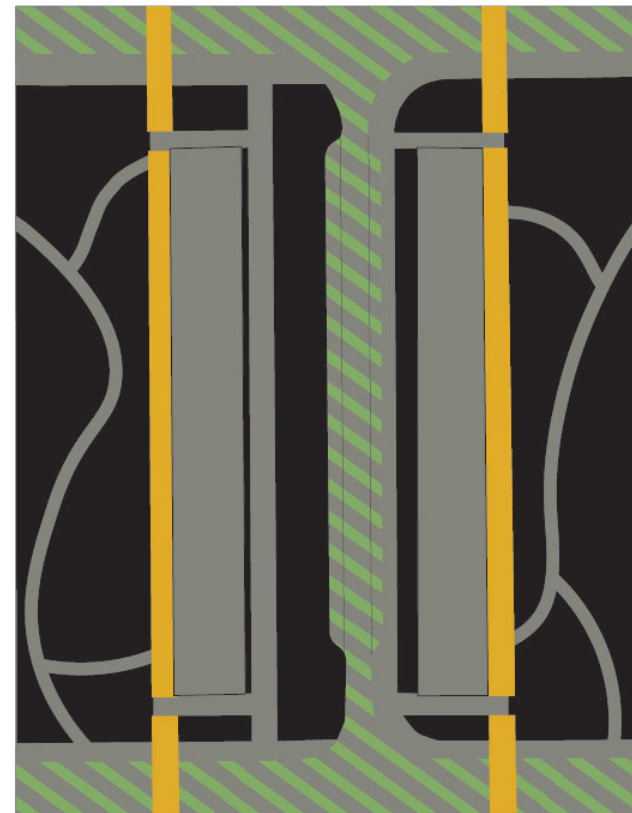
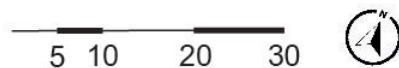
4.4.1 Nieuwe verdeling van de bodemrollen

In de functionele stad heeft de natuurlijke rol veel ruimte gekregen. De faciliterende rol heeft een plek gekregen aan het gebouw. De voorzienende rol heeft een plek gekregen in de open verharding en combineert zich zo met de constructieve rol. De natuurlijke rol is in de bodem rond de

gebouwen te vinden. Het zijn plekken van open bodem met verschillende lagen inheemse vegetatie. De bodem krijgt hier volledig de ruimte om te werken aan zijn intrinsieke waarde.

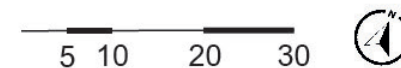


elementen die in de functionele stad op de bodem te vinden zijn



natuurlijke rol
constructieve rol
faciliterende rol
voorzienende rol
conserverende rol

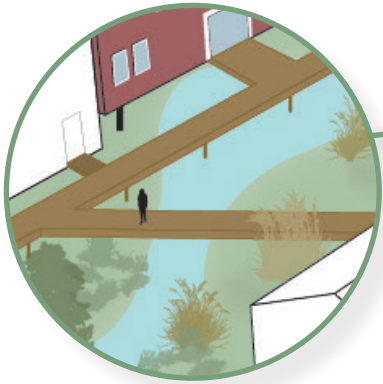
nieuwe verdeling van de bodemrollen



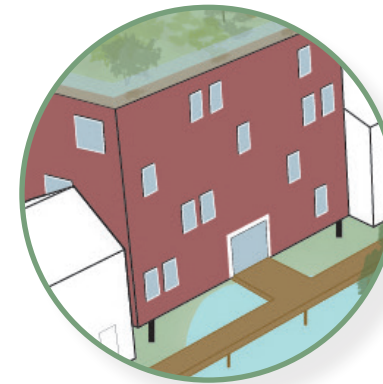


4.5 Klimaatbestendige stad

Een nieuwe inrichting voor een straat in Helmond-Oost. Dit is gedaan aan de hand van maatregelen die bijdragen aan een vitalere bodem in een klimaatbestendige stad.



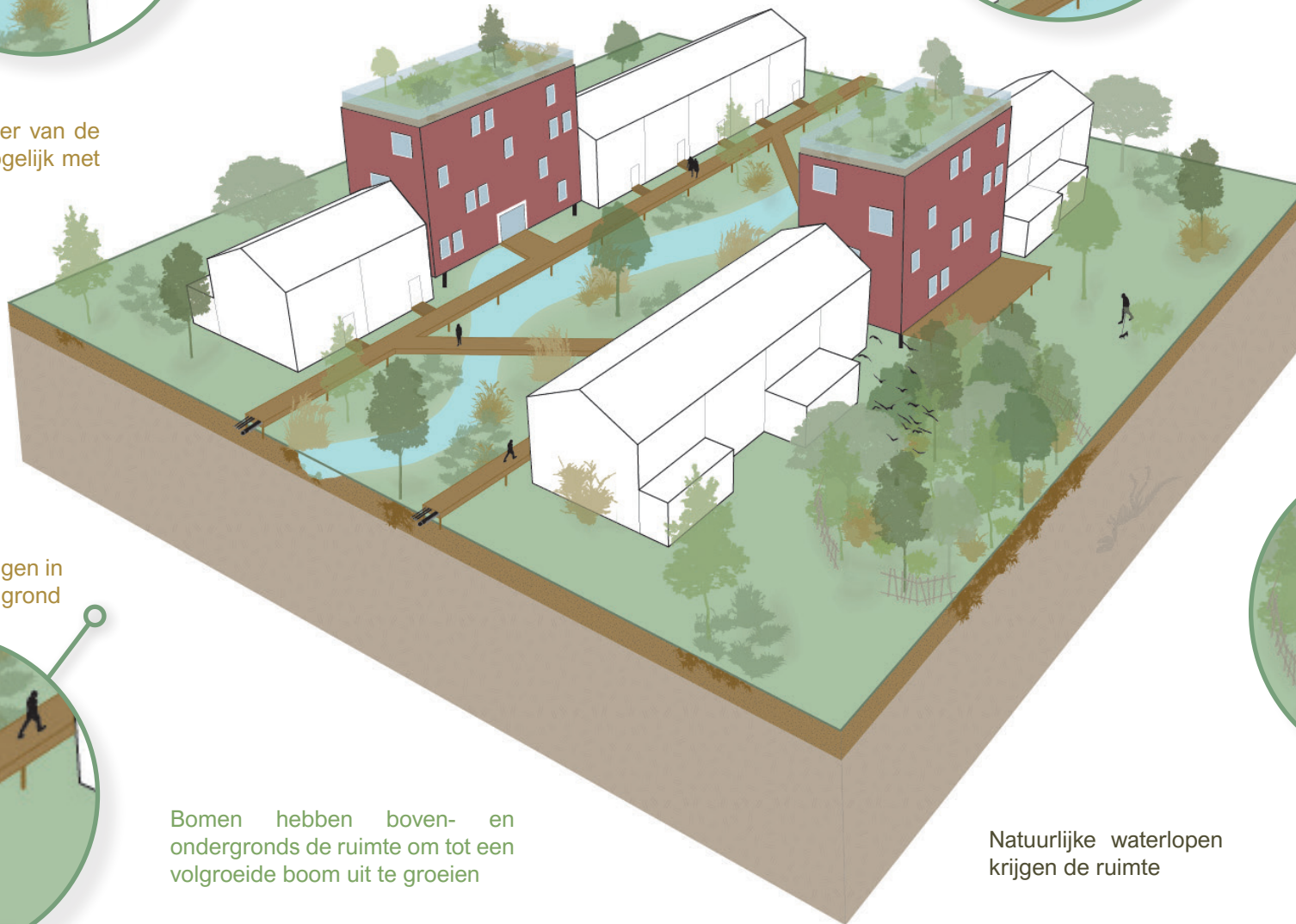
Een deel van de woningen is gesloopt en gebouwen op palen zijn er voor terug gekomen.



Sterk aaneengesloten bodemnetwerk en bovengronds groennetwerk

Zoveel mogelijk groen en open bodems in de stad

De eerste 120 centimeter van de bodem wordt zoveel mogelijk met rust gelaten



De bodem wordt niet dichtgereden, want auto's kunnen niet in de straten komen

Kabels en leidingen liggen in een vlinder boven de grond



Bomen hebben boven- en ondergronds de ruimte om tot een volgroeide boom uit te groeien

Natuurlijke waterlopen krijgen de ruimte



Tinyforests

Geen bodemroering

In dit scenario zijn de kabels, leidingen en riolering uit de bodem gehaald en verwerkt in een vlonder boven de grond. De vlonder dient ook als pad richting de woningen.

Voordat deze wijk werd gebouwd liep er een beek door het gebied. Deze beek is gedempt, maar rond de voormalige waterloop is regelmatig wateroverlast na een hevige bui (Klimaat-effectatlas, z.d.). Om de stad klimaatbestendig te maken zal deze waterloop bovengronds weer de ruimte moeten krijgen. Hoe dit zou kunnen is met een voorbeeld weergegeven. De vlonder ligt ongeveer 50 centimeter boven de grond, waardoor de beek de ruimte krijgt. In de vloer van de vlonder liggen de kabels en leidingen en de

huisaansluitingen liggen in het afstapje naar de voordeur van de woningen. De vlonder heeft als bijkomend voordeel dat de bodem met rust wordt gelaten.

Geen bodemverdichting

De ruimte die een klimaatbestendige stad van de bodem en bovengrond vraagt is er niet altijd in de stad. Andere elementen zullen plaats moeten maken voor natuurlijke processen in de stad. De auto verdwijnt uit de straten en de wijk wordt zo autoluw. De auto's zijn in mobiliteitshubs aan de randen van de wijk te vinden. Naast het verdwijnen van de auto uit de straat worden private tuinen verkleind. Gezamenlijk groen komt hiervoor in de plaats.

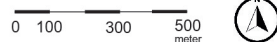
Zoveel mogelijk open bodem

Wanneer planten en bomen de ruimte hebben om zowel boven- als ondergronds uit te groeien tot volwassen groen, dan heeft dit grote voordelen voor het waterbergend vermogen van de bodem. Door de wortels van de vegetatie infiltreert het water dieper in de bodem. Ook helpt de vegetatie bij het koel houden van de stad op warme dagen (W. van Zijverden, persoonlijke communicatie, 31 maart 2023).

De funderingen van rijwoningen, die in de belangrijke leeflaag van de bodem staan, vormen een grote barrière voor bodemleven. Op deze plekken zit er weinig leven in de bodem, omdat de bodem volledig is afgedekt en er op deze plek geen planten groeien (W. van Zijverden, persoonlijke communicatie, 31 maart 2023). Terwijl het bodemleven afhankelijk is van de interactie met deze planten en de



Groen- en waterstructuur voor de bouw van de wijk



bovengrond. Om de barrière te doorbreken zijn er enkele woningen uit de rij gesloopt en is er op dezelfde plek een gebouw op palen gebouwd. Onder deze gebouwen zal alsnog weinig bodemleven te vinden zijn, omdat door het beperkte daglicht weinig plantengroei mogelijk is. Ook is deze bodem al verdicht, waardoor wortels van vegetatie er moeilijk in kunnen doordringen. Wel helpen de palen bij het creëren van een plek om tijdelijk water op te vangen bij een grote hoeveelheid neerslag.

Het toevoegen van de open bodem helpt bij het verminderen van hittestress. Alle open bodem en vegetatie draagt hier al aan bij. Ongeveer anderhalf à twee procent van het stedelijk oppervlak moet onbedekt zijn om effect te hebben (Technische commissie bodem, 2010). Een regelmatige verspreiding van kleinere locaties met open bodem dragen meer bij aan temperatuurregulatie dan een enkele grotere locatie (Technische commissie bodem, 2010).

Ondergrondse verbindingen maken

Een vitalere bodem is de basis voor een klimaatbestendige stad. Een bodem kan vitaal zijn als deze bestaat uit een groot netwerk waarbinnen bodemorganismen onder andere voedingsstoffen met elkaar uit kunnen wisselen. Deze interacties tussen de bodemorganismen vinden voornamelijk in de eerste 20 centimeter van de bodem plaats. Maar in de eerste 120 centimeter vinden ook veel interacties tussen de organismen en boom- en plantenwortels plaats. Om de bodem vitaal te maken zal deze eerste laag van de bodem dus zoveel mogelijk met rust moeten worden gelaten (W. van Zijverden, persoonlijke communicatie, 31 maart 2023). Dit

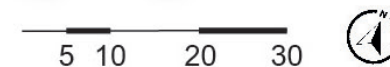
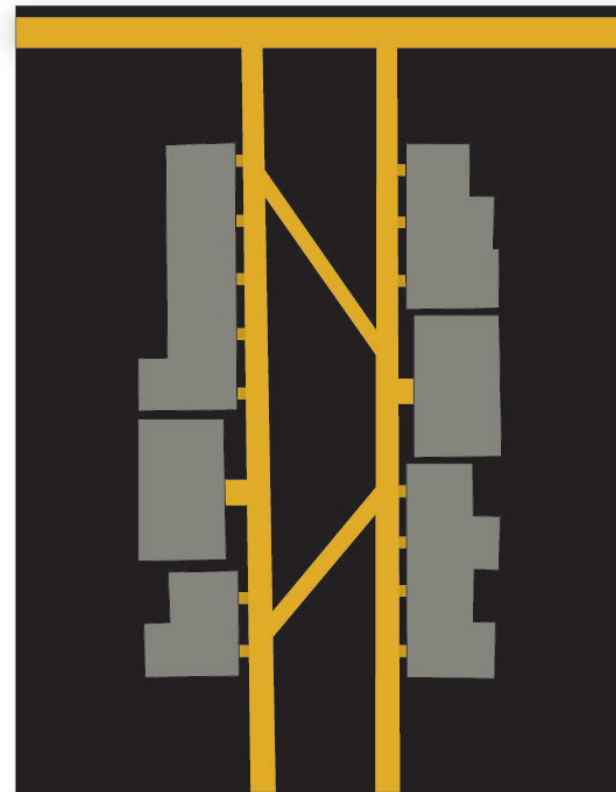
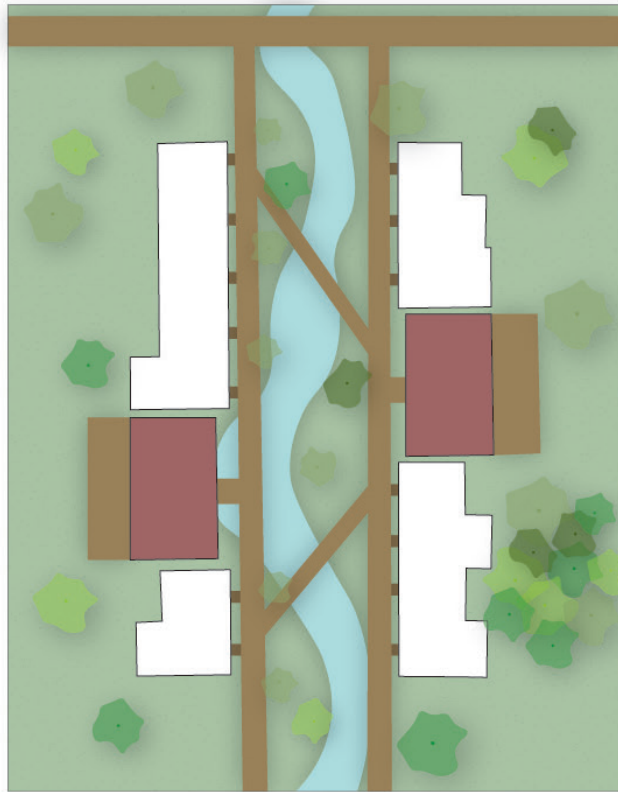
betekent dat grondroerende werkzaamheden in deze laag zo beperkt mogelijk moeten zijn, zodat het ondergrondse netwerk intact kan blijven. Een aaneengesloten gezond ondergronds netwerk vertaalt zich in een sterk bovengronds groennetwerk. Samen werken ze in een ecosysteem en maken het groen in de stad bestand tegen het klimaat. Dit ecosysteem wordt robuuster wanneer er op verschillende plekken in de stad tinyforests zijn aangelegd (W. van Zijverden, persoonlijke communicatie, 31 maart 2023). Een tinyforest is een dichtbegroeid bos bestaande uit inheemse soorten. Door de grote variatie in soorten en het grote groene oppervlak stimuleert het de biodiversiteit in de stad, helpt het bij waterberging, verbetert het de luchtkwaliteit, bindt het met CO₂, werkt het tegen hittestress en heeft het een positief effect op de gezondheid van de mens (IVN natuureducatie, 2023).

4.5.1 Nieuwe verdeling van de bodemrollen

In de klimaatbestendige stad krijgt de natuurlijke rol van de bodem de meeste ruimte. De faciliterende rol heeft een plek gekregen in vlanders boven de grond. De voorzienende rol heeft plaats gemaakt voor een volledige natuurlijke rol. In de buitenruimte is water en bodem sturend en dat maakt

dat de bodem hier kan functioneren volgens zijn intrinsieke waarde. De andere rollen hebben de bodem, op sommige plekken na, niet nodig om te kunnen functioneren. Zo kan de natuurlijke rol zijn gang gaan.

elementen die in de klimaatbestendige stad op de bodem te vinden zijn

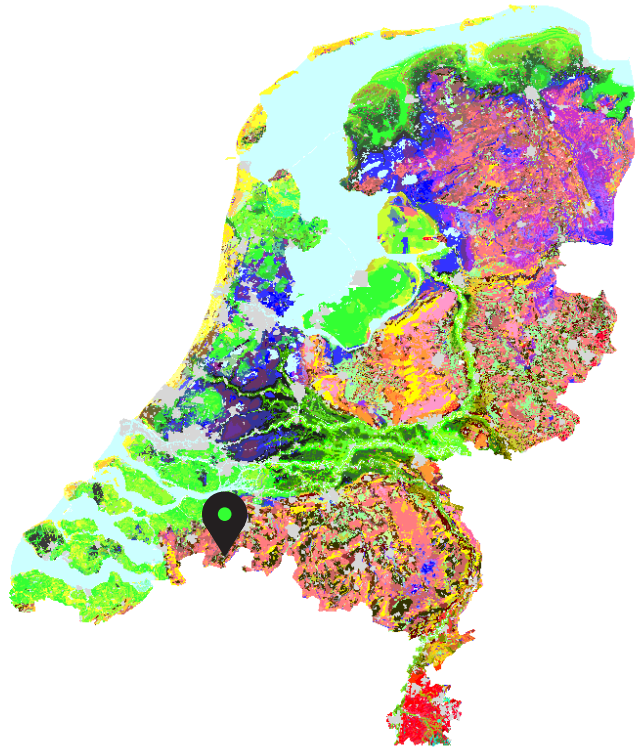


natuurlijke rol
constructieve rol
faciliterende rol
voorzienende rol
conserverende rol

nieuwe verdeling van de bodemrollen

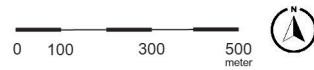
\\ Nederland heeft de komende jaren te maken met een grote verstedelijkingsopgave. Meerdere opgaven komen samen in een relatief beperkte ruimte. Drie van deze opgaven, waar de bodem een grote rol in speelt, zijn de energietransitie, de woningbouwopgave en de algehele ruimtevraag in de stad en de taak om Nederland klimaatadaptief te maken. Deze opgaven kunnen worden vertaald in de opgaven: Circulaire stad, Functionele stad en Klimaatbestendige stad. De opgave die hier naast ligt is het creëren van een vitalere bodem in de stad. Het werken richting een vitalere bodem in de stad kan ook bijdragen aan elk van deze verstedelijkingsopgaven. Meerdere maatregelen zijn hier voor bedacht, zoals het bovengronds brengen van kabels en leidingen, het beperken van de plek van de auto in de straat en het verkleinen van private ruimte. In plaats daarvan krijgt bodem een prominente plek in de straat. Bij elk van deze maatregelen is er rekening gehouden met de speerpunten voor een vitalere bodem, dus geen bodemroering, geen bodemverdichting, zoveel mogelijk open bodem en ondergrondse verbindingen maken.

“Maatregelen die bijdragen aan ruimte voor de intrinsieke waarde van de bodem in de stad kunnen ook bijdragen aan een verstedelijkingsopgave”



Nieuwbouwlocatie Zundert

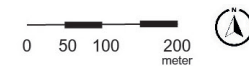
Voor Helmond-Oost zijn er voorbeelden richting een vitalere bodem gegeven voor een bestaande straat. Ook zijn er maatregelen die bijdragen aan een vitalere bodem die toepasbaar zijn voor een nieuw te bouwen deel van de stad. Voor een locatie in Zundert worden deze maatregelen in concept uitgewerkt.



De nieuwbouwlocatie in Zundert

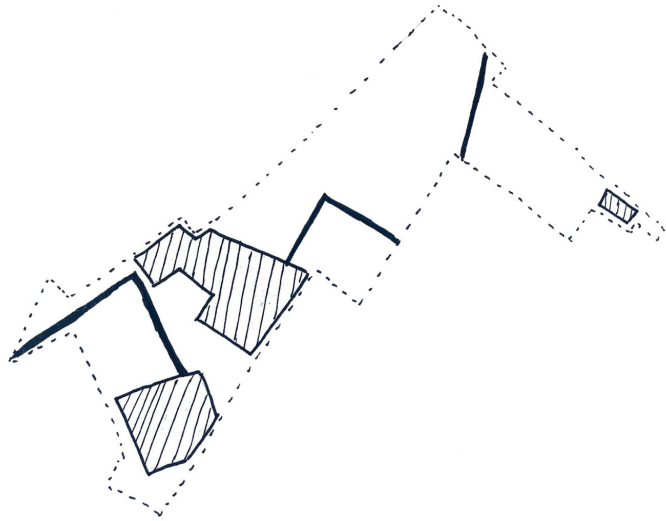
Stappen richting een vitalere bodem voor een nieuwbouwlocatie:

- Vaststellen waar ooit gebouwen of infrastructuur de bodem hebben verdicht
- Gebieden aanwijzen voor de natuurlijke rol van de bodem. Dit zijn de gebieden met de onverdichte bodem.
- Reserveer circa 40% van het grondoppervlak voor open bodem en oppervlaktewater.
- Richt de constructieve rol en faciliterende rol in op de plekken rond de natuurlijke rol.
- Richt het hele gebied in volgens een stedenbouwkundig plan. Hou daarbij rekening met:
 - o Geen bodemroering
 - o Geen bodemverdichting
 - o Zoveel mogelijk open bodem
 - o Ondergrondse verbindingen maken



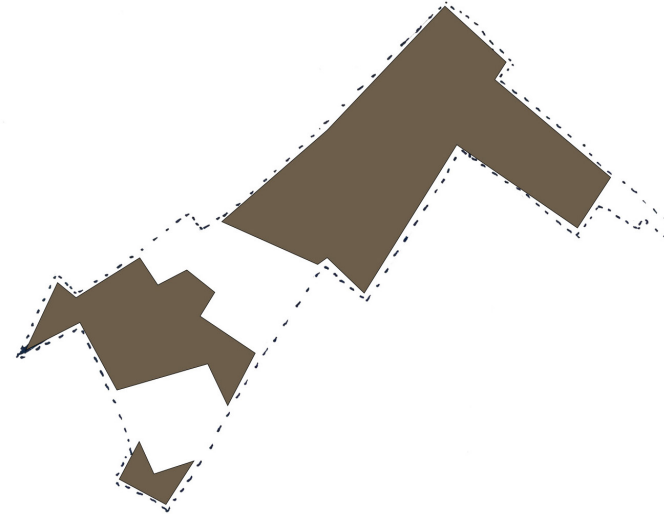
Deze kaart geeft de nieuwbouwlocatie aan met daarin de bestaande gebouwen, **vroegere gebouwen**, bestaande wegen en vroegere wegen. De inrichting van het gebied is bekeken in de periode van 1900 tot nu.

Op de volgende pagina wordt een eerste aanzet gemaakt van een stedenbouwkundig concept waarbij rekening is gehouden met de factoren voor de gezondheid van de bodem.



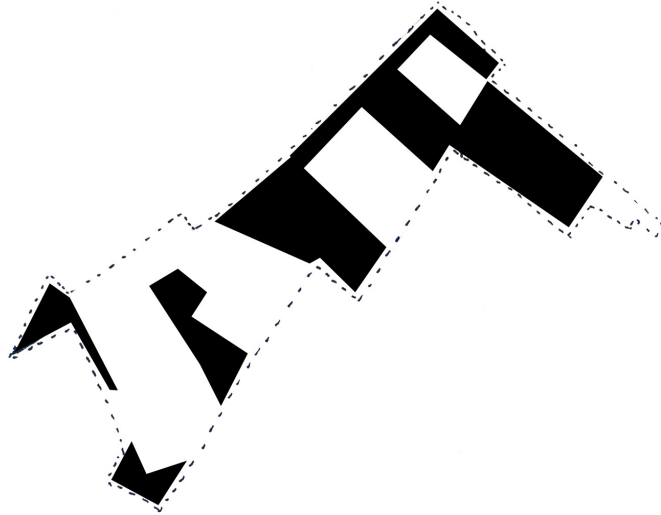
Geen bodemverdichting

Voor de nieuwbouwlocatie zijn de gebieden gemarkeerd waar in het verleden gebouwen hebben gestaan. Ook zijn de vroegere wegen met een lijn aangegeven. Aangezien op deze plekken druk op de bodem is uitgeoefend is er een grote kans dat deze bodems verdicht zijn. Verdichte bodems kunnen niet terugkeren naar onverdichte bodems. Voor woningen zou het logisch zijn om deze al verdichte bodems te gebruiken en daar op te bouwen. Zo krijgt de bodem op deze plekken de constructieve rol.



Geen bodemroering

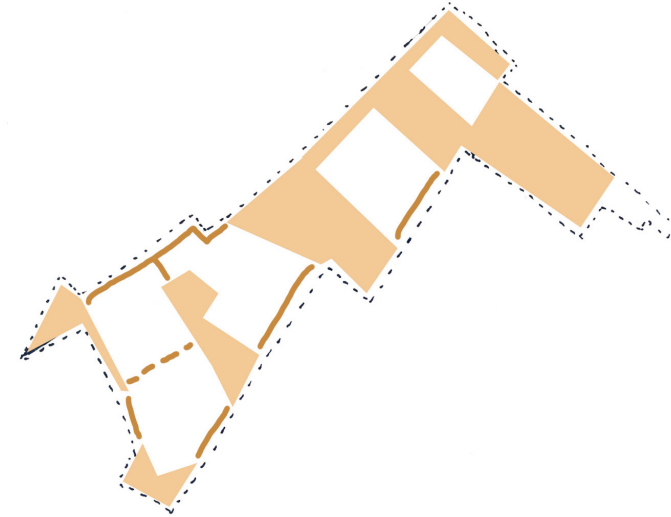
Zo blijven er gebieden over waar geen gebouwen hebben gestaan of infrastructuur heeft gelegen. Dit zijn doorgaans landbouwpercelen geweest. Deze bodems zouden echter ook verdicht kunnen zijn door zware landbouwmachines. Dat zou verder onderzocht moeten worden. Voor nu worden deze gebieden gemarkeerd als plekken met onverdichte bodem. Het is van belang dat er zo weinig mogelijk aan deze bodem wordt gezeten, bijvoorbeeld tijdens het bouwproces. Door bodemroering worden ondergrondse netwerken aangetast.



Zoveel mogelijk open bodem

Om het principe uit te leggen zijn nu willekeurig gebieden aangewezen die een open bodem houden. In andere situaties zal dit gebeuren aan de hand van de stedenbouwkundige structuur. Voor gebieden met open bodem is circa 40% van de onverdichte bodem gereserveerd.

Niet alle onverdichte bodem blijft open bodem, maar ook een deel wordt bebouwd. Voor het bouwen op onverdichte bodem moet er worden geprobeerd de bodem zo beperkt mogelijk te verdichten. Er zou bijvoorbeeld voor bouwen op palen gekozen kunnen worden, of voor het bouwen met lichte materialen.



Ondergrondse verbindingen maken

De gebieden met open bodem moeten met elkaar in verbinding staan zodat er een groot ondergronds netwerk van bodemorganismen kan ontstaan. Zo ontstaat er een aaneengesloten ondergronds ecosysteem waarbinnen voedingsstoffen over het gebied verdeeld kunnen worden.

Met deze maatregelen kan een nieuwbouwlocatie ingevuld worden terwijl er een vitalere bodem ontstaat.

5.1 Conclusie

In dit onderzoek is gezocht naar het antwoord op de vraag of een vitalere bodem bij kan dragen aan een verstedelijkingsopgave. Het antwoord op deze vraag is dat dit mogelijk is, maar het vraagt om een nieuwe kijk op de inrichting van de stad. Aan de hand van de bodemrollen kan worden geconcludeerd waar op dit moment de knelpunten zitten. In veel gevallen is het knelpunt de grote hoeveelheid bodem die een constructieve en faciliterende rol heeft. De belangen van een bodem met natuurlijke rol komen niet overeen met de belangen van een constructieve en faciliterende rol. De verdeling van de bodemrollen laat zo zien waar de bodem een plek moet krijgen om zijn intrinsieke waarde uit te voeren. De natuurlijke rol van de bodem heeft de volgende speerpunten nodig om zo vitaal mogelijk te kunnen functioneren: geen bodemroering, geen bodemverdichting, zoveel mogelijk open bodem en ondergrondse verbindingen maken. Voor het functioneren van een vitalere bodem is in een optimale situatie voor circa 40 procent behoefte aan oppervlaktewater en open bodem (met vegetatie) in de stedelijke omgeving. In het huidige stedelijk gebied wordt niet voldaan aan deze verhouding. Daarnaast houden de huidige werkzaamheden in de stad zich niet aan de overige speerpunten. Een vitalere bodem vraagt dus om een andere inrichting van de stad en een andere benadering van de bodem. Wanneer de inrichting van deze stad een andere vorm aanneemt, dan kunnen de maatregelen voor een vitalere bodem ook bijdragen aan de verstedelijkingsopgaven.

Algemene conclusies

Het traject 'water en bodem sturend bij ruimtelijke ontwikkelingen' zit nog in zijn beginfase. Dit onderzoek is een van de eerste verkennende onderzoeken geweest naar de mogelijke manieren waarop dit traject tot uiting kan komen. De bodem is de belangrijkste drager van de processen op aarde, maar deze processen zijn voor de mens onzichtbaar. Daarnaast hebben we als mens ervoor gekozen om belangrijke netwerken, als het kabels en leidingen netwerk, onder de grond aan te leggen. Ruimtelijk ontwerpers kunnen verbeeldingen toepassen om deze elementen zichtbaar te maken. Zo ontstaat een nieuwe samenwerking tussen ontwerpers en bodemexperts. Bij het traject Bouwen vanuit de Bodem, waar deze samenwerking wordt gestimuleerd, kan worden geconcludeerd dat beide partijen nog veel van elkaar kunnen leren. Ontwerpers willen meer weten over de bodem in de stad en dit beeldend maken, terwijl hier weinig informatie over bekend is en de ondergrond nog te onzichtbaar is. Bodemexperts benaderen het onderwerp juist vanuit een meer technisch en analytisch oogpunt.

Daarnaast kan er worden geconcludeerd dat het bodem sturend maken bij ruimtelijke ontwikkelingen om heel veel kennis vraagt. Het onderwerp 'bodem' is groot en als leek die in deze kenniswereld stapt kan de hoeveelheid informatie overweldigend zijn. Een vitalere bodem in de stad is mede afhankelijk van de bijdrage van bewoners. Deze

bewoners hebben tevens bodemkennis nodig om hier aan mee te kunnen werken. Er zal dus een nieuwe vorm van samenwerking met bewoners opgezet moeten worden om bewoners bij dit onderwerp te betrekken. Maar ook moet de kennis over bodem worden vergroot bij mensen die aan de stad werken, zoals ontwerpers, beleidsmakers en grondwerkers.

Voordat we op dat punt zijn zal er überhaupt meer onderzocht moeten worden over de bodem in de stad. Er is nog te weinig bekend en een onderzoek als deze heeft hier de eerste stappen in gezet. De 13 projecten van de oproep van het stimuleringsfonds hebben ook aan deze eerste stap bijgedragen. Daar is al uit gebleken dat er vele manieren zijn om Bouwen vanuit de Bodem te benaderen. Het is onder andere benadert vanuit de bijdrage van de mens, de volledige focus op de bodem of de meer economische waarde van de bodem. Een algemene conclusie is dat er veel bewustwording moet ontstaan over de belangrijke waarde van de bodem.

5.2 Aanbevelingen

Nieuwe samenwerkingen

Het water en bodem sturend maken vraagt om nieuwe samenwerkingen, zoals tussen grondroerders, netbeheerders en beheerders van de ondergrond. Daarbij zou het voor een vitalere bodem in de stad beter zijn dat 'grondroerders', uitvoerders van graafwerkzaamheden, een andere vorm heeft gekregen.

Deze nieuwe samenwerkingen vragen om een nieuwe taal van de bodem, omdat iedereen de bodem vanuit een andere discipline benadert. De verdeling van de bodem in bodemrollen kan al een eerst manier zijn om in dezelfde vorm te spreken als het over de bodem gaat.

Informatie over de vitaliteit van de stadsbodem

Er zal meer onderzoek moeten worden gedaan naar de vitaliteit van de bodem in de stad. Op dit moment wordt informatie over de bodem verzameld, maar waarden die iets zeggen over de vitaliteit worden hier niet in meegenomen. Wanneer er al bodemonderzoek wordt gedaan zouden deze waarden ook verzameld moeten worden. Zo kan er langzaam een volledig beeld ontstaan van de bodemgesteldheid in de stad.

Maak water en bodem echt sturend

Bodem vormt de basis voor vele processen op aarde. Op dit moment pakken we problemen niet bij de kern aan, omdat we de bodem niet als basis nemen. Om onze leefomgeving toekomstbestendig te maken zullen we bodem als uitgangspunt moeten nemen, anders lukt dit niet volledig.

5.3 Bronvermelding

- Badart, H. (2021, 4 oktober). "Onbedekte bodem verschaalt door gebrek aan organisch materiaal". Stad en groen. Geraadpleegd op 6 maart 2023, van <https://www.stad-en-groen.nl/article/37238/onbedekte-bodem-verschaalt-door-gebrek-aan-organisch-materiaal>
- Blaisse, P., Crepon, J., & Luz Melis, A. (2020). Ondergronds!: Dossier over de wereld onder onze voeten. Blauwe Kamer, 1. Geraadpleegd op 2 maart 2023.
- Bodem+. (z.d.). In situ sanering, methoden en technieken. bodemrichtlijn.nl. Geraadpleegd op 15 mei 2023, van <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/b-in-situ-reiniging/b1-algemene-aspecten-in-situ-reiniging/in-situ-sanering-methoden-en-technieken>
- BoerenNatuur. (2021, 15 november). Boeren, boswachters en wetenschappers onderzoeken bodemleven | BoerenNatuur. Boer en Natuur. Geraadpleegd op 3 maart 2023, van <https://www.boeren Natuur.nl/actueel/boeren-boswachters-en-wetenschappers-onderzoeken-bodemleven/>
- Bokhorst, J. (z.d.). Bodem en ziekteverendheid. Goed Bodembeheer. Geraadpleegd op 4 juni 2023, van <https://www.goedbodembeheer.nl/bodem-en-ziekteverendheid>
- College van Rijksadviseurs. (2022). Bouw in de buurt. In College van Rijksadviseurs. Geraadpleegd op 14 maart 2023, van <https://www.collegevanrijksadviseurs.nl/adviezen-publicaties/publicatie/2022/10/18/bouw-in-de-buurt>
- Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegroendsgroententeelt. (z.d.). Voedsel en leefomgeving voor het bodemleven. Handboek bodem en bemesting. Geraadpleegd op 3 maart 2023, van <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/handeling/organische-stof-beheer/functionies-en-kwaliteiten-van-organische-stof/voedsel-en-leefomgeving-voor-het-bodemleven.htm#:~:text=De%20bodemflora%20bestaat%20uit%20micro,beter%20verteerbaar%20voor%20de%20bacteri%C3%ABn.>
- De Boer, H., Hooimeijer, F., Kuijper, J., Debrock, S., Dillon Peynado, T., Duflos, M., & Schuur, G. (2022). Ontwerpen vanuit de doorsnede: De ondergrond als bouwsteen van de toekomstbestendige stad. Public Space.
- De Vree, J. (z.d.-a). Zetting. Joostdevree.nl. Geraadpleegd op 12 mei 2023, van <https://www.joostdevree.nl/shtmls/zetting.shtml>
- De Vree, J. (z.d.-b). Ongerode grond. Joostdevree.nl. Geraadpleegd op 6 juni 2023, van <https://www.joostdevree.nl/shtmls/ongerod.shtml>
- Elberse, I., van den Ende, E., Molendijk, L., Zijlstra, C., de Jong, A., van Wijk, M., Helder, H., & Boonekamp, P. (2008, november). Bodem Vitaal! : Naar het begrijpen en sturen van bodemvitaliteit. edepot.wur.nl. Geraadpleegd op 28 februari 2023, van <https://edepot.wur.nl/3270>
- Gemeente Amsterdam. (2020). Eigenaarschap in relatie tot de buurt. In openresearch.amsterdam.nl. Geraadpleegd op 4 april 2023, van https://openresearch.amsterdam/image/2020/11/11/literatuurstudie_eigenaarschap_buurt.pdf
- Grontmij Nederland bv. (2009). Advies waterhuishouding en bouwrijp maken. In planviewer.nl. Geraadpleegd op 15 mei 2023, van https://www.planviewer.nl/imro/files/NL.IMRO.1706.BPSRD6003-VAST/tb_NL.IMRO.1706.BPSRD6003-VAST_6.pdf

- IUCN NL. (2022, 21 november). Handreiking gezonde bodem. Steenbreek.nl. Geraadpleegd op 28 februari 2023, van <https://steenbreek.nl/wp-content/uploads/2022/11/Handreiking-Gezonde-Bodem.pdf>
- IVN natuureducatie. (2023, 22 maart). Tiny Forest. IVN. Geraadpleegd op 4 mei 2023, van <https://www.ivn.nl/aanbod/tiny-forest/>
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. (z.d.). Waarom is groen belangrijk voor klimaatadaptatie? Geraadpleegd op 2 maart 2023, van <https://klimaatadaptatie.nederland.nl/kennisdossiers/groen-in-de-stad/belangrijk/>
- Klimaat-effectatlas. (z.d.). Kaartviewer - Klimaat-effectatlas. Klimaat-effectatlas.nl. Geraadpleegd op 9 juni 2023, van <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>
- Mathu, L., De Vette, K., & Van Veen, S. (2022, 19 september). Informatieblad: Bodembiodiversiteit. Samen de diepte in. Geraadpleegd op 6 maart 2023, van <https://samendedieptein.nl/kennisbank/informatieblad-bodembiodiversiteit/>
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2022). Programma Woningbouw. In rijksoverheid.nl. Geraadpleegd op 9 maart 2023, van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/03/11/programma-woningbouw>
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2022). Kamerbrief over rol Water en Bodem bij ruimtelijke ordening. In Rijksoverheid.nl. Geraadpleegd op 2 maart 2023, van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/11/25/water-en-bodem-sturend>
- Onder de Straad. (2021, season-01). De StraadKrant. Geraadpleegd op 2 maart 2023
- Planbureau voor de Leefomgeving. (2021). Grote opgaven in een beperkte ruimte. In pbl.nl. Uitgeverij PBL. Geraadpleegd op 7 juni 2023, van <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-grote-opgaven-in-een-beperkte-ruimte-4318.pdf>
- Provincie Noord-Brabant. (z.d.-a). Bomen en klimaatverandering. brabant.nl. Geraadpleegd op 2 maart 2023, van <https://www.brabant.nl/subsites/brabantsebomen/impact/bomen-en-klimaatverandering>
- Provincie Noord-Brabant. (z.d.-b). Vitale Bodem. Brabant.nl. Geraadpleegd op 28 februari 2023, van <https://www.brabant.nl/onderwerpen/water-en-bodem/vitale-bodem#:~:text=Wat%20is%20een%20Vitale%20Bodem,voedingsstoffen%20vasthoudt%20en%20gedoseerd%20afgeeft.>
- Raad voor de leefomgeving en infrastructuur. (2020). De bodem bereikt?! In Raad voor de leefomgeving en infrastructuur. Geraadpleegd op 3 maart 2023, van https://www.rli.nl/sites/default/files/advies_de_bodem_bereikt_-_def.pdf
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2022). Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving. In rvo. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. Geraadpleegd op 16 maart 2023, van <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022-12/Monitor-Verduurzaming-Gebouwde-Omgeving-2022.pdf>
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). (2017). De 'waterkwaliteitscheck' voor nieuwe en bestaande stedelijk water concepten. In rivm.nl. Geraadpleegd op 3 mei 2023, van <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2017-0012.pdf>

- Rijkswaterstaat & (w)aardewoord. (2020, november). Geef de bodem een stem. Bodem+. Geraadpleegd op 10 juni 2023, van <https://www.bodemplus.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bodembeleid/gezonde-bodem-iedereen/werken-gezonde-bodem/geef-bodem-stem/#:~:text=De%20bodem%20heeft%20een%20stem,waardoor%20bodem%20haar%20functies%20verliest>
- Ruimte met Toekomst. (z.d.). Ondergrondkwaliteiten. Ruimtexitmilieu.nl. Geraadpleegd op 6 juni 2023, van <http://www.ruimtexitmilieu.nl/wiki/wiki/ontwikkel-concepten/lagenbenadering/wiki/ondergrondlaag/ondergrondkwaliteiten-2>
- Schreiner, A. (z.d.). Op bezoek bij Charles Dowding 'niet spitten' in de praktijk. Devoedselketen.nl. Geraadpleegd op 9 juni 2023, van https://devoedselketen.nl/wp-content/uploads/2020/05/Permacultuurmagazine_nummer-1-Op-bezoek-bij-Charles-Dowding.pdf
- Smit, H., & Koenraadt, S. (2022, 1 maart). Realistische verwachtingen voor de woningbouwproductie. Rabobank. Geraadpleegd op 13 maart 2023, van <https://www.rabobank.nl/kennis/d011238333-realistische-verwachtingen-voor-de-woningbouwproductie>
- Stec Groep. (2021, 8 november). Mergen wonen en werken. Geraadpleegd op 15 maart 2023, van <https://stec.nl/expertise/mergen-wonen-en-werken/>
- SYLVA. (2022). Vital soil as support for biodiversity & healthy living environment. In Project voorstel SYLVA, onderdeel van traject Bouwen vanuit de Bodem.
- Synchroon. (2023). Natuurinclusief ontwikkelen. In Vogelbescherming. Geraadpleegd op 3 mei 2023, van <https://www.vogelbescherming.nl/docs/a54262c3-9ae4-47ad-a4f6-e6b0f1c4e1fb.pdf>
- Sweco. (z.d.). Circular city transformation. In Urban Insight. Geraadpleegd op 26 april 2023, van https://www.sweco.nl/wp-content/uploads/sites/5/2022/10/Urban-Insight-rapport_Circular-City-Transformation.pdf
- TAUW. (z.d.-a). Bodem. Tauw.nl. Geraadpleegd op 28 februari 2023, van <https://www.tauw.nl/op-welk-gebied/bodem/>
- TAUW. (z.d.-b). Bodemsanering. Tauw.nl. Geraadpleegd op 15 mei 2023, van <https://www.tauw.nl/op-welk-gebied/bodem/bodemsanering/>
- Technische commissie bodem. (2009, 27 mei). Advies gevolgen afdekken van bodem. Informatiepunt Leefomgeving. Geraadpleegd op 6 maart 2023, van <https://iplo.nl/@251555/advies-gevolgen-afdekken-bodem/>
- Technische commissie bodem. (2010). Advies Randvoorwaarden afdekken bodem in stedelijk gebied. In tcbodem.nl. Geraadpleegd op 15 mei 2023, van <https://www.tcbodem.nl/publicaties/bodemstrategie/589-a063-2010-advies-randvoorwaarden-afdekken-bodem-in-stedelijk-gebied-2/file>
- Technische commissie bodem. (2011, 13 juli). Advies Bodemverdichting. tcbodem.nl. Geraadpleegd op 6 maart 2023, van <https://www.tcbodem.nl/publicaties/bodemstrategie/588-a071-2011-advies-bodemverdichting-1/file>
- Van den Berg, J., & Stech, M. (2021). BiodiverCITY. A Matter of Vital Soil!: Creating, implementing and upscaling biodiversity-based measures in public space. Macmillan Publishers. Geraadpleegd op 2 maart 2023
- Van der Meij, M. (2020, 23 december). Bodem verslechtert door menselijke invloed. WUR. Geraadpleegd op 6 juni 2023, van <https://www.wur.nl/nl/show/bodem-verslechtert-door-menselijke-invloed.htm>

- Van der Meij, S. (2021). Knowledge Mile Park - Duurzaam hemel- en grijswatersysteem. In [amsterdamgreencampus.nl](https://amsterdamgreencampus.nl/wp-content/uploads/2021/06/Eindverslag-Sam-van-der-Meij.pdf). Geraadpleegd op 2 mei 2023, van <https://amsterdamgreencampus.nl/wp-content/uploads/2021/06/Eindverslag-Sam-van-der-Meij.pdf>
- Van Dijk, R. (2019, 28 maart). Stad in transitie: De openbare ruimte als middelpunt. Stichting Steenbreek. Geraadpleegd op 6 juni 2023, van <https://steenbreek.nl/stad-in-transitie-de-openbare-ruimte-als-middelpunt/>
- Van Raaij, L. (2018, 23 januari). Nijmeegse hoogleraar noemt akkers in de Achterhoek “zombiegrond”. [gelderlander.nl](https://www.gelderlander.nl/achterhoek/nijmeegse-hoogleraar-noemt-akkers-in-de-achterhoek-zombiegrond~a2050676/). Geraadpleegd op 3 maart 2023, van <https://www.gelderlander.nl/achterhoek/nijmeegse-hoogleraar-noemt-akkers-in-de-achterhoek-zombiegrond~a2050676/>
- Van Hall-Larenstein. (2010, 1 juli). Handboek groene waterzuivering. [edepot.wur.nl](https://edepot.wur.nl/164513). Geraadpleegd op 2 mei 2023, van <https://edepot.wur.nl/164513>
- VebeGo. (z.d.). Een groene en gezonde leefomgeving. [groenmaaktgezond.nl](https://www.groenmaaktgezond.nl/gezonde-leefomgeving). Geraadpleegd op 15 mei 2023, van <https://www.groenmaaktgezond.nl/gezonde-leefomgeving>
- Vereniging Delta Metropool. (2017). Verstedelijkingsopgave van Nederland : Naar een gezamenlijke aanpak. In Vereniging Delta Metropool. Geraadpleegd op 13 maart 2023, van <https://deltametropool.nl/publicaties/verstedelijkingsopgave-van-nederland/>
- Wageningen University & Research. (2018, 20 februari). Zeven redenen om te investeren in een groene stad. WUR. Geraadpleegd op 15 maart 2023, van <https://www.wur.nl/nl/show-longread/zeven-redenen-om-te-investeren-in-een-groene-stad.htm>
- Wageningen Universiteit. (z.d.-a). Oorzaken klimaatverandering. WUR. Geraadpleegd op 2 maart 2023, van <https://www.wur.nl/nl/artikel/Oorzaken-klimaatverandering-1.htm>
- Wageningen Universiteit. (z.d.-b). Biodiversiteit. [edepot.wur.nl](https://edepot.wur.nl/460542). Geraadpleegd op 30 maart 2023, van <https://edepot.wur.nl/460542>
- Wageningen University & Research. (z.d.-c). Bodem en grond. [library.wur.nl](https://library.wur.nl/WebQuery/file/lom/lom_t43df980f_003.html). Geraadpleegd op 12 mei 2023, van https://library.wur.nl/WebQuery/file/lom/lom_t43df980f_003.html
- Wageningen Universiteit. (z.d.-d). Met beide benen op de grond. In [edepot.wur.nl](https://edepot.wur.nl/391327#:~:text=Een%20goede%20bodemstructuur%20kenmerkt%20zich,bodemleven%2C%20wortels%20en%20organisch%20materiaal.). Wageningen UR. Geraadpleegd op 7 juni 2023, van <https://edepot.wur.nl/391327#:~:text=Een%20goede%20bodemstructuur%20kenmerkt%20zich,bodemleven%2C%20wortels%20en%20organisch%20materiaal.>
- Westerman, W. (2019, augustus). Werken in verontreinigde grond. [Arbeidsveiligheid.net](https://www.arbeidsveiligheid.net/veiligheidsartikelen/arbeidsplaatsen/werken-verontreinigde-grond). Geraadpleegd op 15 mei 2023, van <https://www.arbeidsveiligheid.net/veiligheidsartikelen/arbeidsplaatsen/werken-verontreinigde-grond>

5.4 Interviews en gesprekken

Interview Wilko van Zijverden – fysisch geograaf

De essentie van het interview is samengevat.

De vragen in dit interview zijn gesteld aan de hand van de factoren voor een gezonde bodem: bodemstructuur, bodemchemie, bodembiodiversiteit en het organisch stofgehalte. De focus in het interview lag op de bodemstructuur in de stad.

Bodemstructuur

Er is weinig open en onverdichte bodem in de stad. We hogen de bodem op met zand, we zetten zware gebouwen neer en er ontstaat zetting.

Welk effect heeft een verdichte bodem op de stad?

Voor het antwoord op deze vraag moet er een onderscheid worden gemaakt tussen zand, klei en veen grond. Op een zandige grond speelt verdichting onder de bouwvoor geen rol. In de bouwvoor (eerste 60cm) wel, de grond die is verrijkt met humus, daar vindt wel verdichting plaats. Op een veengrond is verdichting een groter probleem.

Een gebouw verpest de bodem sowieso, dit is niet afhankelijk van de type ondergrond. Verdichting van de bodem is hier een groot probleem. In het westen van het land is deze verdichting een groot probleem, in het oosten op de zandgronden niet zo erg.

De bodem ophogen heeft voornamelijk effect op de bodemlaag die is aangereikt met organisch stof, de humus. De poriën in de bodem verkleinen, waardoor het water niet goed kan infiltreren. Op de rest van de bodem heeft het niet veel effect.

Waar je bouwt is de bodem voorgoed verpest. De bodem die is weggegraven komt nooit meer zo terug. Door een gebouw neer te zetten tast je de bodemstructuur aan, het meeste bodemleven gaat dood en er is verlies van CO₂. Er zal wel na 30 jaar bodemherstel plaatsvinden. Dan heeft de bodem weer een nieuw balans gevonden, maar dit zal nooit meer zo zijn zoals het was. Als er dan weer aan de bodem gezeten wordt, krijgt de bodem weer een klap waarna het weer een balans moet vinden.

Probeer in de bestaande stad een bouwdepot te plaatsen op een plek waar dit al eerder is gedaan. Of bouw op een bestaande fundering, of op hetzelfde grondbeslag. Dus niet op een niet eerder belaste plek bouwen. Als het niet anders kan en het moet wel op een onaangetaste plek, probeer dan niet met zware machines de bodem dicht te rijden.

Is bouwen op palen een oplossing voor een vitalere bodem in de stad?

Bouwen op palen kan, maar als er geen vegetatie onder het gebouw groeit, dan heeft de bodem daar niks aan. Een schimmelnetwerk heeft er niks aan, want er kan daar geen samenwerking tussen schimmel en vegetatie plaatsvinden, want er staan geen bomen en struiken. De hoeveelheid vocht die de bodem op kan nemen neemt dan ook af. Het kan als er vegetatie onder groeit, maar die kans is klein. Een oplossing voor vitalere bodem in de stad zijn tinyforests. Op deze plekken wordt ingezet op een hele brede biodiversiteit, het ecosysteem kan zo worden verbeterd. De tinyforests kunnen door een aaneengesloten groen netwerk het ecosysteem versterken.

Kabels en leidingen zijn ondergronds een barrière voor dieren om de straat over te steken.

Hoe werken we naar een klimaatbestendige stad?

- allereerst veel meer open verharding toepassen, of zelfs overal. Vocht in de bodem is een grote voorwaarde voor leven. Open verharding kan hierbij helpen.
- automobilititeit. Dat we allemaal een auto hebben neemt veel te veel ruimte in. Dit zou ingeperkt moeten worden om meer ruimte te maken voor natuur.
- groene verbindingzones creëren. Dit is voornamelijk gericht op bodembacteriën en bodemschimmels, want zij zijn de voorwaarde voor een vitale bodem. Als deze bodemdieren zich makkelijker kunnen verplaatsen door de stad, dan hebben we al een grote stap gemaakt.
- geen eenzijdige boomsoort in een straat. Zorg voor variatie. Maar wel bomen die bij elkaar passen en kies inlandse

soorten.

- eerste meter van bodem is hier het belangrijkste. Vocht moet goed bij deze laag kunnen. Opslag van water in de bodem in de stad is lastig, vooral op klei en veen grond (op zandgrond valt dit mee). De grondwaterstand is verlaagd, en de grond is zo verdroogd. Wanneer een klei bodem eenmaal is verdroogd, dan laat deze bodem voor altijd minder goed water door. Voor veenbodems geldt ongeveer hetzelfde, als dit eenmaal in elkaar is gedrukt vormt dit een barrière voor water.

Bodembiodiversiteit

Hoe staat het er voor met de bodembiodiversiteit in de stad?

Ecologische diversiteit kan best hoog zijn in stadsparken. Dit zijn de plekken waar die biodiversiteit voornamelijk te vinden zal zijn.

Algemeen over een vitale bodem

Een vitale bodem behalen wil eigenlijk niet, een vitalere zou nog kunnen. Bijvoorbeeld door sterke groennetwerken. Groenprincipes van een bloemkoolwijk/tuinwijken zijn niet zo gek. Kleine bouwblokken en veel groen er omheen. In de tuinsteden zit een stukje stadslandbouw, dit is ook een interessant middel om toe te passen. Er ontstaan minder transportbewegingen en juist meer betrokkenheid van bewoners. Ander voordeel: de bodem wordt er een stuk gezonder van.

Een integraal plan is nodig om te werken aan een vitalere bodem in de stad. Dus we zouden meer samen moeten werken als we werken aan groen en water.

2-op-1 gesprekken

Gedurende de eerste fase van het traject Bouwen vanuit de Bodem zijn er twee rondes geweest van 2-op-1 gesprekken tussen Antea Group als begeleider van het proces en de 13 projecten. Het overgrote deel van deze 2-op-1 gesprekken heb ik bijgewoond. De 13 projecten deelden tijdens deze sessies hun tussentijdse resultaten en er was ruimte om samen te brainstormen over de volgende stappen in de onderzoeken. Ik had zo de mogelijkheid om mijn resultaten te vergelijken met de resultaten van de andere projecten.

