



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

TEEB Stadtool
Actualisatie en Doorontwikkeling

RIVM Briefrapport 2019-0011
B. Does | R. Remme | T. de Nijs



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

TEEB Stadtool Actualisatie en Doorontwikkeling

RIVM Briefrapport 2019-0011
B. Does | R. Remme | T. de Nijs

Colofon

© RIVM 2019

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2019-0011

B. Does (auteur), RIVM
R. Remme (auteur), Stanford University
T. de Nijs (auteur), RIVM

Contact:

Ton de Nijs

Milieu en Veiligheid\Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid
ton.de.nijs@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselbeleid in het kader van project M/360018/19 Atlas Natuurlijk Kapitaal.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

TEEB Stadtool

Actualisatie en Doorontwikkeling

Groen en water vergroten de gezondheid en het woonplezier in de steden. Bij stedelijke ontwikkeling is er vaak onvoldoende aandacht voor dit soort baten en krijgen economische baten voorrang. Met de TEEB Stadtool kan de maatschappelijke waarde van groen en water in steden worden berekend. De tool is nu geactualiseerd en er zijn enkele baten aan toegevoegd.

De vorige versie van de TEEB Stadtool komt uit oktober 2015. De nieuwe versie bevat nieuwe of geactualiseerde 'kengetallen'. Deze getallen worden gebruikt om het effect van een maatregel in te schatten in natuurlijke en vervolgens monetaire eenheden. Beschreven is welke kengetallen uit de wetenschappelijke literatuur zijn geselecteerd en waarom.

Verder is de tool uitgebreid met een groot aantal nieuwe berekeningen, zoals voor het effect van groen op luchtkwaliteit, de berging van regenwater in de bodem en de opslag van koolstofdioxide door bomen. Om de tool relevant te houden wordt geadviseerd om de berekeningen van de baten elk jaar te actualiseren. Bovendien worden suggesties gedaan over de ontwikkeling van de tool in de toekomst.

TEEB, The Economics of Ecosystems and Biodiversity, is een wereldwijd initiatief uit 2007 dat wordt gefaciliteerd door de Verenigde Naties. Het is erop gericht de waarde van ecosysteemdiensten en biodiversiteit te erkennen en vast te leggen. De TEEB Stadtool is in 2013 ontwikkeld in wordt sinds 2016 beheerd door het RIVM, als onderdeel van de Atlas Natuurlijk Kapitaal.

Kernwoorden: TEEB Stad, ecosysteemdiensten, batenanalyse

Synopsis

TEEB City Tool

Updating and further development

Green infrastructure and water improve health and quality-of-life in cities. These kinds of benefits are often given insufficient attention within the framework of urban development with economic benefits taking precedence. The TEEB City Tool makes it possible to calculate the societal value of green infrastructure and water. The tool has now been updated, and several additional benefits have been added.

The previous version of the TEEB City Tool dates from October 2015. The new version contains new or updated key figures. These figures are used to estimate the effect of a measure in terms of physical units followed by monetary units. A description is given of which key figures were selected from the scientific literature and why.

The tool has also been expanded to include a large number of new calculations, such as the effect of green infrastructure on air-quality, on the capacity of the soil to store rainwater, and on the storage of carbon dioxide in trees. In order to ensure that the tool remains relevant, it is recommended to update the calculations of the benefits each year. Suggestions are also made regarding the development of the tool in the future.

TEEB, an acronym for The Economics of Ecosystems and Biodiversity, is a global initiative dating from 2007 that is facilitated by the United Nations. It aims to recognize and record the value of ecosystem services and biodiversity. The TEEB City Tool was developed in 2013. Since 2016, it has been managed by RIVM as part of the Atlas Natural Capital.

Keywords: TEEB City, ecosystem services, benefit analysis

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

2 Algemene wijzigingen — 13

2.1 Herindeling categorieën — 13

2.2 Discontofactor — 13

2.3 Inflatie — 14

3 Actualisatie kengetallen en literatuurverwijzingen — 15

3.1 Actualisatie categorie Gezondheid — 15

3.1.1 Minder zorgkosten (generiek) door een groene woonomgeving — 15

3.1.2 Minder arbeidsverlies (generiek) door een groene woonomgeving — 15

3.1.3 Minder gezondheidskosten door betere luchtkwaliteit door de afvang van fijnstof — 15

3.2 Actualisatie categorie Klimaatadaptatie — 17

3.2.1 Besparing energieverbruik door beschutting van bomen — 17

3.2.2 Besparing energieverbruik door isolatie van groene daken — 17

3.2.3 Bescherming tegen wateroverlast door vergroten waterbergingscapaciteit — 18

3.2.4 Vermeden investeringskosten in RWZI door vergroten waterbergingscapaciteit — 18

3.3 Actualisatie categorie Vastgoed — 18

3.4 Actualisatie categorie Recreatie & vrije tijd — 19

3.4.1 Meer recreatiemogelijkheden door nieuw groen/kwaliteitsverbetering van bestaand groen — 19

4 Uitbreiding categorieën met nieuwe effecten — 21

4.1 Uitbreiding categorie Gezondheid — 21

4.1.1 Luchtkwaliteit — 21

4.1.2 Vermindering geluidsoverlast — 22

4.1.3 Mogelijkheden verdere uitbreiding — 23

4.2 Uitbreiding categorie Klimaatadaptatie — 23

4.2.1 Vermeden zuiveringskosten door vergroten waterbergingscapaciteit — 23

4.2.2 Koolstof — 24

4.2.3 Voorkomen uitstoot koolstofdioxide — 25

4.2.4 Mogelijkheden verdere uitbreiding — 25

4.3 Uitbreiding categorie Vastgoed — 25

4.3.1 Hogere vastgoedwaarde door minder geluidsoverlast — 26

4.3.2 Mogelijkheden verdere uitbreiding — 26

4.4 Toekomst categorie Sociale cohesie — 26

5 Suggesties en aanvullingen ter verbetering van de gebruikersinterface — 29

5.1 Wijzigingen gebruikersinterface categorie Gezondheid — 29

5.2 Wijzigingen gebruikersinterface categorie Klimaatadaptatie — 30

5.3 Wijzigingen gebruikersinterface categorie Vastgoed — 31

6 Conclusies en aanbevelingen — 33

Referenties — 35

Bijlage I – Bronnenlijst relevante kengetallen (2019) — 39

Bijlage II – Bronnenlijst relevante kengetallen (2015) — 43

**Bijlage III – Berekeningen depositiesnelheid fijnstof in
verschillende vegetaties — 47**

**Bijlage IV – Berekeningen depositiesnelheid stikstofdioxide,
zwaveldioxide en ozon in verschillende vegetaties — 48**

Bijlage V – Technische rekenmethode van de TEEB Stadtool — 49

Samenvatting

Inleiding

TEEB, The Economics of Ecosystems and Biodiversity, is een wereldwijd initiatief uit 2007. Het is gericht op het erkennen, demonstreren en vastleggen van de waarde van ecosysteemdiensten en biodiversiteit. Vanuit deze visie heeft het rijk in samenwerking met 11 gemeenten TEEB Stad ontwikkeld. Hierbij is een online tool ontwikkeld waarmee gerekend kan worden met de baten van groen en blauw in de stad. De vorige versie van de TEEB Stadtool is van oktober 2015. Sinds die tijd zijn er nieuwe studies en inzichten beschikbaar gekomen. Dit rapport beschrijft de actualisatie van de TEEB Stadtool. De verschillende hoofdstukken in dit rapport beschrijven achtereenvolgens:

1. *Algemene wijzigingen*
Rekening houdende met de wensen van de deelnemers aan de City Deal Waarden van Groen en Blauw in de Stad (WGBS) zijn de categorieën opnieuw ingedeeld. De categorie 'Sociale cohesie' komt te vervallen, omdat de referentie naar de gebruikte kengetallen niet achterhaald kon worden. De discontovoet van 3% is verlaagd naar 2%. Hierdoor wijzigt de discontofactor in de tool. Ten slotte zijn monetaire kengetallen geïndexeerd tot en met 2018.
2. *Actualisatie kengetallen en literatuurwijzigingen*
Kengetallen voor de tool zijn in dit rapport geactualiseerd op basis van informatie uit recente literatuur. Bij deze actualisatie zijn, indien nodig, baatberekeningen gewijzigd om te kunnen werken met nieuwe kengetallen.
3. *Doorontwikkeling TEEB Stadtool*
Vanuit de City Deal WGBS zijn drie categorieën geprioriteerd waarvoor men de baten wilde weten: Groen en Gezondheid, Groene daken en Groen en Klimaatadaptatie. Dit rapport werkt deze drie categorieën uit met nieuwe berekeningen. Voor de verbetering van de TEEB Stadtool is een literatuuronderzoek uitgevoerd waaruit een database is opgesteld. Kengetallen gebruikt voor baatberekeningen in dit rapport zijn opgenomen in Bijlage I.
4. *Suggesties en aanvullingen ter verbetering van de gebruikersinterface*
In dit rapport worden voorstellen gedaan om de gebruikersinterface te verbeteren. Naast een verbetering van de begeleidende teksten worden de gebruikers doorverwezen naar externe bronnen waar de gevraagde informatie is te vinden. In de begeleidende teksten worden kaders gegeven die als voorwaarde dienen voor het tot stand komen van positieve effecten door blauwe- en groene maatregelen.
5. *Conclusie*
Het RIVM wil op basis van deze rapportage de TEEB Stadtool gaan actualiseren. Het wordt aanbevolen om jaarlijks de literatuur te controleren op nieuwe baatberekeningen en kengetallen en de tool te actualiseren. Verder wordt het aanbevolen om de rekenfunctionaliteit van de tool uit te breiden zodat ook complexere baatberekeningen doorgerekend kunnen worden.

1 Inleiding

TEEB, The Economics of Ecosystems and Biodiversity, is een wereldwijd initiatief uit 2007, dat gefaciliteerd wordt door de Verenigde Naties. Het is gericht op het erkennen, demonstreren en vastleggen van de waarde van ecosysteemdiensten en biodiversiteit. Naar aanleiding hiervan zijn er in Nederland zes verschillende TEEB studies uitgevoerd, waaronder TEEB Stad (TEEB Stad, 2013).

TEEB Stad is in 2011 gestart als gezamenlijk initiatief van het Rijk en 11 gemeenten. Door Witteveen+Bos is een methode ontwikkeld om de baten van groen en water in beeld te brengen. De deelnemende gemeenten vonden het echter nog lastig om zelf met de methode aan de slag te gaan, zowel het berekenen van baten als het gebruik van de resultaten in stedelijke processen werd moeilijk bevonden (TEEB Stad, 2013).

Het Ministerie van Economische Zaken heeft daarom in 2013 Platform31 gevraagd een vervolgproject te starten. Eén van de doelstellingen was het ontwikkelen van een vrij toegankelijke online tool, waarbij de gebruiker centraal staat, zelf aan de knoppen kan draaien en kan zien en begrijpen wat er gebeurt. Dit heeft geresulteerd in de TEEB Stadtool, welke ontwikkeld is door LUZ architecten, Buck Consultants International (BCI) en de Fabrique. (TEEB Stad, 2013).

In 2016 heeft het Ministerie van Economische Zaken in overleg met het Ministerie van Infrastructuur en Milieu besloten om de TEEB Stadtool onder de Atlas Natuurlijk Kapitaal, hierna ANK, te brengen en door te ontwikkelen in het kader van de City Deal Waarden van Groen en Blauw in de Stad (WGBS) (Staatscourant, 2016). De TEEB Stadtool is daartoe door het RIVM aangepast om te voldoen aan het beleid en de richtlijnen voor websites van de Rijksoverheid en wordt sinds 2017 beheerd en beschikbaar gemaakt door het RIVM via de website www.teebstad.nl.

In de City Deal WGBS zijn door de betrokken gemeenten een drietal categorieën geprioriteerd: Groen en Gezondheid, Groen en Klimaatadaptatie en Groene daken. Dit rapport beschrijft de stappen die gezet zijn om de tool te actualiseren en uit te breiden. In hoofdstuk 2 worden algemene wijzigingen beschreven in de TEEB Stadtool. In hoofdstuk 3 wordt beschreven hoe kengetallen zijn aangepast aan recente kennis. In hoofdstuk 4 van deze rapportage wordt beschreven hoe de drie geprioriteerde categorieën zijn vormgegeven binnen de bestaande kaders van de tool. Hoofdstuk 5 bespreekt suggesties en aanvullingen ter verbetering van de gebruikersinterface van de tool.

Een lijst van kengetallen per categorie/baat staat in Bijlage I. In Bijlage II staan kengetallen van de categorieën/baten uit de TEEB stadtool, versie 2015. Bijlage III beschrijft het tot stand komen van de kengetallen van de depositiesnelheid voor fijnstof. Bijlage IV beschrijft het tot stand komen van de kengetallen voor de depositiesnelheid van stikstofdioxide, zwaveldioxide en ozon. In Bijlage V wordt beschreven hoe de berekeningen van de tool technisch in elkaar zitten.

2 Algemene wijzigingen

In de komende hoofdstukken van dit rapport wordt uitgegaan van enkele algemene wijzigingen. Deze wijzigingen gelden voor zowel nieuwe als oude berekeningen.

2.1 Herindeling categorieën

Voor het verbeteren van de TEEB Stadtool wordt voorgesteld om de indeling van bestaande categorieën te wijzigen.

Voor de nieuwe categorie indeling zijn de categorieën 'Energieverbruik' en 'Waterhuishouding' onderdeel geworden van de categorie 'Klimaatadaptatie'. Zoals eerder besproken was één van de geprioriteerde thema's voor de ontwikkeling van de TEEB Stadtool: Groen en Klimaatadaptatie. De berekeningen van Energieverbruik en Waterhuishouding passen hier goed in en zijn daarom verplaatst naar deze nieuwe categorie.

De categorie 'Sociale cohesie' komt (voorlopig) te vervallen. De kengetallen die gebruikt werden voor deze categorie bleken bij inspectie van de bron niet te achterhalen.

De naam van de categorie 'Waarde van woningen' wordt gewijzigd naar "Vastgoed". Hiermee wordt erkend dat niet alleen woningen maar ook kantoren en bedrijfsterreinen baten kunnen ondervinden van groene- en blauwe maatregelen. Berekeningen voor deze typen (kantoren en bedrijventerreinen) vastgoed ontbreken, omdat deze categorie geen prioriteit had tijdens dit project.

De categorie indeling voor de online tool zal er, na deze wijzigingen, als volgt uit zien:

1. Gezondheid
2. Klimaatadaptatie
3. Vastgoed
4. Recreatie & vrije tijd

2.2 Discontofactor

De Rijksoverheid hanteert een discontovoet van 2% voor natuur (standaard) en een 3% discontovoet voor substitueerbare (vervangbare) natuur. In de tool werd tot op heden uit gegaan van substitueerbare natuur met een discontovoet van 3%.

Uit recent advies van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en het Centraal Planbureau (CPB), met betrekking tot Maatschappelijke Kosten- en Batenanalyses (MKBA), wordt aangeraden de discontovoet voor ecosysteemdiensten te stellen op 2%. 'Als de groei van de hoeveelheid ecosysteemdiensten achterblijft bij die van consumptiegoederen en als ecosysteemdiensten niet – of in mindere mate – substitueerbaar zijn, dan worden zij (in de toekomst) schaarser; dit legitimeert het hanteren van een relatieve prijsstijging voor ecosysteemdiensten.' (Ruijs & Renes, 2017)

De meeste baten in de TEEB Stadtool zijn niet (eenvoudig) substitueerbaar (gezondheidsbaten, waarde van woningen, recreatie). Het wordt aangeraden om de discontovoet van 2% te hanteren, met een bijbehorende discontofactor (df) van 23,4 over een projectduur van 30 jaar.

2.3 Inflatie

De laatste wijziging aan de monetaire waarden van de tool is uit 2017, op basis van inflatie tot en met 2016. Deze waarden zijn verouderd en zijn voor dit rapport geactualiseerd tot en met het prijspeil van 2018 (2,78% van 2016 t/m 2018). Het wordt aanbevolen om de tool jaarlijks te actualiseren voor de inflatie.

3 Actualisatie kengetallen en literatuurverwijzingen

De kengetallen die momenteel in de tool gebruikt worden dienen, waar mogelijk, vervangen te worden door kengetallen uit recente literatuur. Enkel voor de door de City Deal WGBS geprioriteerde categorieën is uitgebreid literatuur onderzoek gedaan. Berekeningen die verbeterd kunnen worden, maar waarvoor geen nieuwe kengetallen zijn gevonden, worden in dit hoofdstuk benoemd. Een bronvermelding voor de nieuwe indeling van de kengetallen op basis van (sub)categorienummer is te vinden in Bijlage I. In Bijlage II is de bronvermelding te vinden zoals die was in de 2015 versie van de TEEB Stadtool.

3.1 Actualisatie categorie Gezondheid

De berekening 'Minder zorgkosten (generiek) door een groene woonomgeving' is gecorrigeerd voor inflatie. De berekening voor 'Minder arbeidsverlies (generiek) door een groenere woonomgeving' is gecorrigeerd voor inflatie en uitgebreid met variabele kengetallen voor arbeidsparticipatie. De formule voor de berekening van 'Minder gezondheidskosten door betere luchtkwaliteit door de afvang van fijnstof' is gewijzigd aan de hand van nieuwe inzichten.

3.1.1 Minder zorgkosten (generiek) door een groene woonomgeving
Het huidige monetaire kengetal van €868 (Bijlage II, 1a) is verouderd, het wordt daarom aangeraden om deze aan te passen naar het prijsniveau van 2018: €917 per vermeden patiënt per jaar.

3.1.2 Minder arbeidsverlies (generiek) door een groene woonomgeving
Het huidige monetaire kengetal van €6341 (Bijlage II, 1b) van deze berekening is op prijsniveau van 2016. Het wordt aangeraden dit aan te passen naar het niveau van 2018: €6679 per vermeden patiënt per jaar. Daarnaast wordt aangeraden het kengetal voor arbeidsparticipatie door de gebruiker zelf in te laten vullen. Kengetallen hiervoor kunnen in de begeleidende tekst gegeven worden per provincie of door de gebruiker worden opgezocht op de [website](#) van het Centraal Bureau voor de Statistiek (Tabel 3.1).

Tabel 3.1. Arbeidsparticipatie per provincie in 2018 (CBS, 2019b)

Provincie	Arbeidsparticipatie	Provincie	Arbeidsparticipatie
Groningen	64,2	Friesland	67,0
Drenthe	65,7	Overijssel	68,8
Flevoland	69,3	Gelderland	68,0
Utrecht	70,6	Noord-Holland	68,5
Zuid-Holland	67,1	Zeeland	67,3
Noord-Brabant	68,8	Limburg	64,9

3.1.3 Minder gezondheidskosten door betere luchtkwaliteit door de afvang van fijnstof
Huidige waarden (Bijlage II, 1c) voor de afvang van fijnstof door gras, riet en bomen dienen vervangen te worden door nieuwe kengetallen. Het wordt geadviseerd om de kengetallen te berekenen aan de hand van

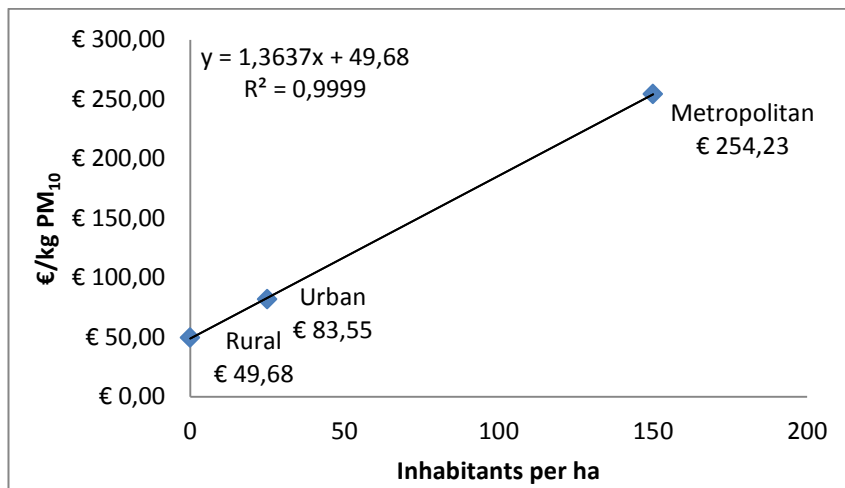
het retentievermogen, conform Remme, de Nijs en Paulin (2017). De berekening voor het retentievermogen is als volgt:

$$R_{PM^{10}} = V_d * C_{PM^{10}} * fr * UC$$

Hierin is $R_{PM^{10}}$ het retentievermogen voor fijnstof (kg/ha/jaar), V_d de depositiesnelheid van de vegetatie (cm/s), $C_{PM^{10}}$ de concentratie fijnstof ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), fr de resuspensiefractione van fijnstof en UC de omrekenfactor van $\text{cm}/\text{s} * \mu\text{g}/\text{m}^3$ naar $\text{kg}/\text{ha}/\text{jaar}$. Voor fr kan een vast kengetal van 0,5 gehanteerd worden, voor UC een kengetal van 3,1536.

De depositiesnelheid is afhankelijk van het type vegetatie, voor gras/groene daken is deze 0,33 (cm/s), voor riet 0,45 (cm/s), voor loofbomen 0,66 (cm/s) en voor naaldbomen 1,15 (cm/s). In de tool kan voor bomen een gemiddelde van 0,91 (cm/s) gebruikt worden (Melman & Van der Heide, 2011). Hoe de kengetallen voor depositiesnelheid tot stand zijn gekomen, staat beschreven in Bijlage III. $C_{PM^{10}}$ kunnen gebruikers zelf invullen met behulp van [luchtkwaliteitskaarten](#) (RIVM, 2018).

De splitsing van de huidige monetaire kengetallen voor binnen de bebouwde kom (€405/kg) en voor buiten de bebouwde kom (€95/kg) worden niet langer ondersteund door de nieuwe bron, als gevolg hiervan komt deze splitsing te vervallen. Het nieuwe kengetal bepaald de waarde van fijnstof als factor van de populatiedichtheid (Remme, de Nijs, & Paulin, 2017).



Figuur 3.1. Lineaire relatie tussen bevolkingsdichtheid en waarde van fijnstof (PM_{10}), geïndexeerd voor inflatie 2018 (Remme, de Nijs, & Paulin, 2017)

Vanwege technische imitaties van de TEEB Stadtool (Bijlage V) is het niet mogelijk deze methode in zijn geheel toe te passen. In de plaats hiervoor is gekozen gebruik te maken van een tabel met populatiedichtheid categorieën per 25 inwoners/ha.

Tabel 3.2. Categorieën waarde PM_{10} a.d.h.v. populatiedichtheid

Populatiedichtheid	Waarde PM_{10}	Populatiedichtheid	Waarde PM_{10}
0	€49,68	25	€83,55
50	€117,65	75	€151,74
100	€185,83	125	€219,92
≥150	€254,23		

Aan de hand van deze tabel kunnen gebruikers zelf invoeren wat de meest toepasselijk populatiedichtheid is voor het projectgebied.

3.2 Actualisatie categorie Klimaatadaptatie

In de categorie 'Klimaatadaptatie' zijn berekeningen van de categorieën 'Energieverbruik' en 'Waterhuishouding' opgenomen. Het kengetal voor gasverbruik is in de berekening 'Besparing energieverbruik door beschutting van bomen' (Bijlage II, 2a) is aangepast. Voor de berekening 'Besparing energieverbruik door isolatie van groene daken' (Bijlage II, 2b) is het kengetal voor gasverbruik gewijzigd. Ook is de berekening aangepast aan de hand van nieuwe inzichten. De berekening voor 'Bescherming tegen wateroverlast door vergroten waterbergingscapaciteit' (Bijlage II, 6a) komt te vervallen. De berekening voor 'Vermeden investeringskosten in RWZI door vergroten waterbergingscapaciteit' wordt tekstueel verduidelijkt. De monetaire waarden van de berekeningen zijn gecorrigeerd voor inflatie.

3.2.1 *Besparing energieverbruik door beschutting van bomen*

De baten van deze berekening zijn afhankelijk van bepaalde factoren die nu niet mee worden genomen (dominante windrichting, locatie bomenrij t.o.v. huizenblok en leeftijd/isolatiewaarde van het huis). Omdat het om een generieke tool gaat, wordt geadviseerd om deze ontbrekende factoren wel duidelijk te benoemen in de tekst bij de berekening, als waarschuwing aan de gebruiker. Het advies is om deze berekening voorlopig te houden, maar wel te zoeken naar een alternatieve methode om tot een generiek kengetal te komen.

Het gemiddelde gasverbruik in woningen is mede dankzij betere isolatie verminderd. Het gemiddelde gasverbruik per woning per jaar dient dan ook gewijzigd te worden van 1600 m³ per jaar naar 1240 m³ per jaar (CBS, 2019a).

De huidige monetaire waarde (€0,66/m³ gas) dient vervangen te worden door een waarde van €0,67/m³ gas, het prijspeil van 2018 (Milieucentraal, 2018b).

3.2.2 *Besparing energieverbruik door isolatie van groene daken*

De huidige berekening van de besparing op energieverbruik (5% op het gasverbruik) dient in zijn geheel vervangen te worden door een berekening op basis van dakoppervlak en isolatie-effectiviteit. Het kengetal voor besparing van gasgebruik wordt gestoeld op 0,29 m³ gas/m²/jaar (Ascione, et al., 2013).

De isolatie-effectiviteit wordt bepaald aan de hand van het bouwjaar van de woning (Tabel 3.2). Een groen dak heeft slechts een beperkt effect op de isolatie van een woning en is minder efficiënt dan regulier isolatiemateriaal van dezelfde dikte. Van de daken die al goed geïsoleerd zijn, is de bijdrage van groene daken verwaarloosbaar.

Een isolatie-effectiviteit van 100% geldt voor niet of slecht geïsoleerde daken met een isolatiewaarde (R_c) van minder dan 1,3. Voor goed geïsoleerde daken met een isolatiewaarde van meer dan 2,5 geldt een isolatie-effectiviteit van 0%. (Milieucentraal, 2018a).

Tabel 3.3. *Isolatie-effectiviteit groene daken*

Categorie (bouwjaar)	Kengetal voor isolatie-effectiviteit	Isolatie(waarde) (R_c)
Voor 1975	100%	Niet/slecht (<1,3)
1975 – 1991	50%	Matig (1,3 – 2,5)
Vanaf 1992	0%	Goed (>2,5)

Ook de huidige monetaire waarde van € 0,66/m³ gas uit 2017 dient aangepast te worden aan het prijspeil van 2018 tot een waarde van € 0,67/m³ gas (Milieucentraal, 2018b).

3.2.3 *Bescherming tegen wateroverlast door vergroten waterbergingscapaciteit*

Het wordt aangeraden om de berekening voor “Bescherming tegen wateroverlast door vergroten waterbergingscapaciteit” voorlopig uit de TEEB Stadtool te verwijderen. Deze berekening gaat er vanuit dat alle gebouwen in binnendijkse gebieden een 2% kans hebben op overstromingen en gaat uit van overlast bij een waterdiepte van 0,5 meter. Beide waarden zijn extreem hoog en het is onwaarschijnlijk dat een dergelijke situatie zich algemeen voordoet.

In de toekomst zou deze berekening teruggeplaatst kunnen worden op basis van een kleinere waterdiepte en een overstromingskans op basis van kaarten uit de Klimaat Effect Atlas (Stichting Climate Adaptation Services, 2018). Een dergelijke berekening is waarschijnlijk technisch niet mogelijk binnen in de huidige tool, zie Bijlage V.

3.2.4 *Vermeden investeringskosten in RWZI door vergroten waterbergingscapaciteit*

Tekstueel wordt deze berekening aangepast om te verduidelijken dat het niet om de vermeden investeringskosten in rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) gaat maar om de vermeden kosten voor waterzuivering. Daarom wordt de naam gewijzigd in ‘Vermeden zuiveringskosten door vergroten waterbergingscapaciteit’ om verwarring bij gebruikers te voorkomen.

De berekening dient aangepast te worden, zodat deze rekening houdt met het bergingsvermogen van een verharde bodem (0,13 m³/m²/jaar).

De huidige monetaire waarde van waterzuivering is €0,76/m³. Dit bedrag is echter onjuist. Dit bedrag is op basis van de gestandaardiseerde kosten voor afvalwaterzuivering in 2009. De waarde van €0,75/m³, is in het gerefereerde rapport van STOWA (2013) niet gecorrigeerd voor de inflatie. Dit kengetal wordt conform het inflatiepeil van 2018 gewijzigd in €0,86/m³.

3.3 **Actualisatie categorie Vastgoed**

Voor de actualisatie van dit thema is geen concreet advies. Wel zijn er recentere onderzoeken met betrekking tot het effect van natuur op

woningwaarde dan de literatuur die op dit moment wordt gebruikt in TEEB Stad. De meest prominente is Daams et al. 2016. Dat onderzoek heeft vooral betrekking op de 'nabijheid' van (aantrekkelijke) natuur, en niet op 'zicht op' groen en blauw.

3.4 Actualisatie categorie Recreatie & vrije tijd

Het monetaire kengetal voor de berekening 'Meer recreatiemogelijkheden door nieuw groen/kwaliteitsverbetering van bestaand groen' wordt gewijzigd aan de hand van relevantere literatuur.

3.4.1 Meer recreatiemogelijkheden door nieuw groen/kwaliteitsverbetering van bestaand groen

De gebruiker moet bij deze berekening op dit moment een inschatting geven van het aantal nieuwe recreanten dat wordt verwacht. Het advies is om in de toekomst dit te veranderen, omdat dit doorgaans geen informatie is waarover de gebruiker beschikt. De methode zou beter werken als, aan de hand van beschikbare gegevens (aantal inwoners, hoeveelheid groen en blauw, type groen en blauw). Een berekening kan mogelijk worden gedaan aan de hand van het recreatietekort (Boode, Berkers, & Hoffmans, 2009).

Het monetaire kengetal (€1,00/recreant) uit Ruijgrok et al. (2006) is een gemiddelde van ecosysteemtypen die niet (vaak) in stedelijk gebied voorkomen. Het advies is om gebruikers hierop te attenderen en wanneer nieuwe studies beschikbaar komen voor recreatie in stedelijk gebied, deze te gebruiken.

4 Uitbreiding categorieën met nieuwe effecten

Binnen de City Deal WGBS zijn door de Gemeenten de categorieën Groen en Gezondheid, Groene daken en Groen en Klimaatadaptatie geselecteerd als focuspunten voor doorontwikkeling van de TEEB Stadtool. Hiertoe is literatuuronderzoek uitgevoerd naar mogelijkheden om deze categorieën uit te breiden, waarbij een database met mogelijke kengetallen is ontwikkeld. Verder is gekeken hoe deze nieuwe berekeningen ingepast kunnen worden in de categorieën van de tool en worden verbeteringen voorgesteld.

4.1 Uitbreiding categorie Gezondheid

De huidige categorie 'Gezondheid' bestaat in de tool uit drie berekeningen, volgens twee methoden. Een generieke methode, voor grotere projecten (buurt/stad) en een specifieke methode voor kleinere projecten. Uitbreidingen aan deze categorie zijn enkel voor de specifieke methode.

4.1.1 *Luchtkwaliteit*

De specifieke methode berekent de besparing op gezondheidskosten door de afvang van fijnstof (Bijlage I, 1c). Dit zou uitgebreid kunnen worden met berekeningen voor verschillende soorten luchtvervuiling. Onder andere de afvang van stikstofdioxide (NO₂), ozon (O₃) en zwaveldioxide (SO₂) door verschillende vegetatietypen (bomen, gras en groene daken).

Stikstofdioxide kan irritatie en ontstekingen aan de luchtwegen, de keel, ogen en neus veroorzaken. Hoge concentraties verhogen de hoeveelheid astma-aanvallen en ziekenhuisopnamen (Gezondheid & Milieu, 2018c). Zwaveldioxide is irriterend bij inademing en kan bij hoge concentraties ademhalingsproblemen veroorzaken. Vooral personen met astma, chronische longziekten of ademhalingsmoeilijkheden zijn gevoelig voor deze stof. Kinderen zijn extra kwetsbaar (Gezondheid & Milieu, 2018a). Onder invloed van ozon kan smog ontstaan. Smog gevormd door ozon kan irritatie aan de ogen, neus of keel ten gevolge hebben. Bij gevoelige groepen kan dit leiden tot ziekenhuisopnames (Gezondheid & Milieu, 2018b).

De plaatselijke concentratie van de vervuilende stoffen wordt beïnvloed door de omliggende vegetatie. De depositiesnelheid van fijnstof is afhankelijk van het landgebruik, bij bos is deze hoger dan voor water of verhard oppervlak (Melman & Van der Heide, 2011). Daarnaast worden NO₂, SO₂ en O₃ opgenomen in de vegetatie (Balducchi, Hicks, & Camara, 1987).

Het retentievermogen van de vegetatie om luchtvervuilende stoffen op te nemen wordt vervolgens de formule van Remme, de Nijs, & Paulin, 2017 berekend:

$$R = V_d * C * UC$$

Hierin is R het retentievermogen van vegetatie voor de afvang van luchtvervuiling (kg/ha/jaar), V_d de depositiesnelheid van de vegetatie

(cm/s), C de concentratie luchtvervuiling ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en UC de omrekenfactor van $\text{cm}/\text{s} \cdot \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \text{kg}/\text{ha}/\text{jaar}$. Voor UC kan een vast kengetal van 3,1536 gehanteerd worden. NO_2 , SO_2 en O_3 worden opgenomen in de vegetatie en kunnen dan niet meer resuspenderen (Baldocchi, Hicks, & Camara, 1987). De resuspensie voor deze stoffen is daarom 0%.

Kengetallen voor de depositiesnelheid van bomen zijn als volgt, Bijlage IV beschrijft hoe deze kengetallen tot stand zijn gekomen:

Tabel 4.1. Depositiesnelheid bomen (¹Hirabayashi, Kroll & Nowak, 2011; ²CE Delft, 2017, ³Nowak e.a., 2018)

Vervuilende stof	Depositiesnelheid (cm/s) ¹	Monetaire waarde (€/kg)	Correctie inflatie 2018 (€/kg)
NO_2	0,44	€34,70 ²	€35,18
SO_2	0,68	€24,90 ²	€25,24
O_3	0,70	€4,19 ³	€4,24

Kengetallen voor de afvang door gras en groene daken zijn als volgt (Hirabayashi, Kroll, & Nowak, 2011; CE Delft, 2017):

Tabel 4.2. Afvangcapaciteit gras & groene daken (¹Melman & van der Heide, 2011; ²Hirabayashi, Kroll & Nowak, 2011; ³CE Delft, 2017, ⁴Nowak e.a., 2018)

Vervuilende stof	Depositiesnelheid (cm/s)	Monetaire waarde (€/kg)	Correctie inflatie (€/kg)
NO_x	0,50 ^{1,2}	€34,70 ³	€35,18
SO_2	0,72 ^{1,2}	€24,90 ³	€25,24
O_3	0,75 ^{1,2}	€4,19 ⁴	€4,24

4.1.2

Vermindering geluidsoverlast

Geluidsoverlast heeft een negatief effect op de gezondheid. Mensen kunnen last krijgen van geïrriteerdheid, teleurstelling, ontevredenheid, hulpeloosheid, depressies, etc. Daarnaast kan de geluidshinder leiden tot stress-gerelateerde psychologische en fysieke klachten, zoals vermoeidheid, stress en buikpijn. Aan geluidsoverlast zijn dan ook kosten gekoppeld, welke bij vermindering een monetaire baat opleveren (CE Delft, 2017).

Het plaatsen van vegetatie kan op verscheidende wijzen effect hebben op de vermindering van geluidsoverlast. Zo kan het plaatsen van een vegetatie barrière tussen een geluidsbron en een gebouw de overlast op hoorbare frequentie, hierna dB(A), verminderen. Een vegetatie barrière van 15 meter breed langs een (spoor)weg kan op 50 meter afstand het geluidniveau met 6 dB(A) verminderen. Een vegetatie barrière van 30 meter breed kan het geluid op dezelfde afstand met 10 dB(A) verminderen (van Renterghem, et al., 2015).

Ook het aanleggen van groene daken kan geluidsoverlast verminderen. Ten opzichte van een traditioneel dak heeft een groen dak een betere geluidsisolerende werking. Vooral geluid van vliegverkeer kan hierdoor verminderd worden, maar ook geluidsoverlast van (spoor)wegverkeer kan verminderd worden. In dit geval is de vermindering van geluidsoverlast aan de stille zijde van het huis ten opzichte van de geluidsbron.

Afhankelijk van de situatie van het dak (droog of nat) kan het geluid van vliegverkeer in het gebouw met 8 tot 18 dB(A) verminderd worden ten opzichte van een traditioneel dak (Lagström, 2004). Gedurende het jaar fluctueert de hoeveelheid vocht in een dak, daarom is gekozen voor een gemiddelde waarde van 13 dB(A). Geluid van wegverkeer kan door het plaatsen van een groen dak aan de stille zijde van het huis met 3 dB(A) verminderd worden (van Renterghem, et al., 2015).

De monetaire kosten van geluidsoverlast nemen meer dan proportioneel toe met het aantal decibel. Als drempelwaarde voor de gezondheidseffecten wordt in de literatuur voorgesteld om 50 dB(A) te hanteren (CE Delft, 2017).

Tabel 4.3. Kengetallen kosten aan gezondheid door geluidsoverlast in € per dB(A) per persoon (CE Delft, 2017), gecorrigeerd voor inflatie 2018

Geluidsniveau in gebouw	Wegverkeer	spoorverkeer	Vliegverkeer
50 – 54 dB(A)	€4	€4	€8
55 – 59 dB(A)	€5	€5	€9
60 – 64 dB(A)	€9	€9	€13
65 – 69 dB(A)	€14	€14	€18
70 – 74 dB(A)	€19	€20	€23
75 – 79 dB(A)	€25	€25	€29
>= 80 dB(A)	€27	€28	€32

Kengetallen met betrekking tot gezondheid zijn afgeleid van recente epidemiologische inzichten (CE Delft, 2017). De monetaire waarde is gecorrigeerd voor inflatie tot en met 2018.

4.1.3 *Mogelijkheden verdere uitbreiding*

Het gebruik van een vaste monetaire waarde zoals gebruikt wordt in CE Delft (2017) komt met beperkingen. Het wordt daarom aangeraden in de toekomst voor stikstofdioxide, zwaveldioxide, ozon en geluid ook te gaan rekenen aan de hand van populatiedichtheid, zoals nu bij fijnstof het geval is.

4.2 **Uitbreiding categorie Klimaatadaptatie**

Binnen de TEEB Stadtool worden een aantal baten van klimaatadaptatie in beeld gebracht bij de oude categorieën 'Energieverbruik' en 'Waterhuishouding'. Deze worden samen met een aantal nieuwe baatberekeningen ondergebracht in de categorie 'Klimaatadaptatie'. Nieuwe baatberekeningen worden in de onderstaande paragrafen beschreven.

4.2.1 *Vermeden zuiveringskosten door vergroten waterbergingscapaciteit*

De huidige TEEB Stadtool berekent de kosten van waterzuivering bij het aanleggen van open water. Maar ook groene maatregelen zoals bomen, grasvelden en groene daken dragen bij aan de bergingscapaciteit van een gebied wanneer deze in plaats komen van een verharde ondergrond.

Bij aanwezigheid van een gemengd rioolstelsel treden dan ook baten op voor de verminderde hoeveelheid te zuiveren rioolwater. Voor deze berekening kan er vanuit worden gegaan dat een verharde ondergrond

een bergingsvermogen van 15% van de jaarlijkse neerslag heeft (Armson, Stringer, & Ennos, 2013). Bij een gemiddelde hoeveelheid neerslag van 874 mm (CLO, 2018) is dit een bergingsvermogen van $0,13 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$.

Conform Armson, Stringer & Ennos (2013) is een boom met een kroonoppervlak van $3,27 \text{ m}^2$ op 1 m^2 open grond en 8 m^2 verharde ondergrond is in staat om 77% van de neerslag af te vangen op een gebied van 9 m^2 . Voor gras is dit 99%. Bij een gemiddelde hoeveelheid neerslag van 874 mm (CLO, 2018) per jaar kan door bomen $0,67 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$ en door gras $0,87 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$ water geborgen worden. Aangezien de monetaire baat optreedt ten opzichte van een verharde ondergrond met een bergingsvermogen van $0,13 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$, kan voor bomen een kengetal van $0,54 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$ aangehouden worden. En voor gras kan een kengetal van $0,74 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$. Voor bomen met daaronder een begroeiing van gras kan een kengetal van $0,74 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$ aangehouden worden.

Groene daken zijn in staat ongeveer 51% van de jaarlijkse neerslag af te vangen (tabel 4.4). Bij een gemiddelde jaarlijkse neerslag van 874 mm (CLO, 2018) betekent dit $0,31 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$ meer bergingscapaciteit dan een verhard dak.

Tabel 4.4. Bergingsvermogen van groene daken in een gematigd zeeklimaat bij een neerslag van tussen de 800 en 900 mm per jaar.

Onderzoek	Jaar	Neerslag	Bergingsvermogen
Stovin, Poë & Berretta	2013	838 mm	69%
Stovin, Vesuviano & Kasmin	2010	882 mm	34%
Stovin	2012	844 mm	50%
Claus & Rousseau	2012	800 mm	49%
Gemiddeld:			51%

4.2.2 Koolstof

Een belangrijke functie van bomen met betrekking tot klimaatmitigatie is de opslag van koolstof. Jaarlijks assimileren bomen grote hoeveelheden koolstofdioxide, een belangrijk broeikasgas. Aan de hand van de Social Cost of Carbon (SCC) is de opslag van koolstofdioxide te monetariseren.

De berekening voor opgeslagen hoeveelheid koolstof kan volgens twee methoden: een generieke methode die uit gaat van een gemiddelde nieuw geplaatste boom of een specifieke methode welke de diameter op borsthoogte (dbh) meerekent. Dit omdat een bredere boom meer koolstof bevat en jaarlijks meer kan assimileren (McPherson, Nowak, & Rowntree, 1994). Omdat de TEEB Stadtool een generieke tool betreft, is er voor gekozen om te rekenen volgens de generieke methode.

Voor een nieuw geplaatste boom wordt er in dit rapport uitgegaan van een boom van 16 – 30 centimeter diameter op borsthoogte (dbh), dit in de veronderstelling dat een boom bij aanplanting deze breedte binnen 5-10 jaar na aanplant bereikt heeft (Hiemstra, 2012). Er wordt geen rekening gehouden met de toename van de koolstofopslag gedurende de jaren.

Kengetallen voor de jaarlijkse afvang worden vermeld in tabel 4.5:

Tabel 4.5. Jaarlijkse afvang koolstofdioxide (CO₂) per boom (¹McPherson, Nowak, & Rowntree, 1994; ²CE Delft, 2017)

Boom	Afvang koolstofdioxide (kg/boom/jaar) ¹	Monetaire waarde (€/kg) ²	Correctie inflatie 2018 (€/kg)
0 – 7 cm diameter	3,7	€0,057	€0,058
8 – 15 cm diameter	16,1		
16 – 30 cm diameter	34,5		
31 – 46 cm diameter	70,1		
47 – 61 cm diameter	127,0		
62 – 76 cm diameter	203,0		
>= 77 cm diameter	340,2		

4.2.3 Voorkomen uitstoot koolstofdioxide

In 94% van de gebouwen in Nederland wordt voor de verwarming een fossiele brandstof gebruikt (Essent, 2019). Bij het verwarmen van gebouwen wordt over het algemeen aardgas gebruikt, waarbij koolstofdioxide (CO₂) vrijkomt tijdens de verbranding van het gas. Door de ontwikkeling van een bomenrij of groene daken kan bespaard worden op de kosten voor verwarming, dit vermindert de uitstoot van CO₂.

Als kengetal voor voorkomen uitstoot van CO₂ kan uit worden gegaan van 1,99 kg/m³ aardgas (Staatscourant, 2018). Een kengetal voor energiebesparing kan bepaald worden met de berekeningen die al in de tool aanwezig zijn.

Voor de monetaire waarde kan worden uit gegaan van € 0,058/kg CO₂, gecorrigeerd voor het prijspeil van 2018.

4.2.4 Mogelijkheden verdere uitbreiding

Zoals besproken in 3.2.1 zijn de baten van de berekening voor besparing van energieverbruik van woningen door beschutting van een bomenrij discutabel. De baten zijn erg afhankelijk van factoren als ligging van de bomen ten opzichte van de bebouwing, dominante windrichting, de dichtheid van de bebouwing en isolatiewaarde van de bebouwing.

Het is mogelijk om een berekening toe te voegen over het verkoelende effect wat groene daken in de zomer kunnen hebben op de woning. Dit zou op basis kunnen zijn van potentiële airconditioning kosten, potentieel omdat tot heden weinig gebouwen hier gebruik van maken (Ascione, et al., 2013).

4.3 Uitbreiding categorie Vastgoed

De categorie 'Waarde van woningen' in de TEEB Stadtool bevat op dit moment dertien berekeningen. Deze kunnen verder worden uitgebreid met berekeningen voor verhoging van de vastgoedwaarde door minder geluidsoverlast. Ook kan vermeld worden dat gemeenten meer inkomsten kunnen werven uit de Ontroerend Zaakbelasting (OZB) door een hogere vastgoedwaarde.

4.3.1

Hogere vastgoedwaarde door minder geluidsoverlast

Geluidsoverlast heeft invloed op de waarde van vastgoed (CE Delft, 2017). Er kan dan ook gesteld worden dat wanneer geluidsoverlast binnen een gebouw afneemt door een groene maatregel, dit de waarde van dat gebouw doet stijgen.

De monetaire kosten van geluidsoverlast nemen meer dan proportioneel toe met het aantal decibel. Waardering van overlast is ook afhankelijk van het type geluidsbron, zie tabel 4.6.

Tabel 4.6. Kengetallen kosten door geluidsoverlast in € per dB(A) per persoon (CE Delft, 2017), gecorrigeerd voor inflatie 2018

Geluidsniveau in gebouw	Wegverkeer	spoorverkeer	Vliegverkeer
50 – 54 dB(A)	€22	€0	€53
55 – 59 dB(A)	€44	€22	€104
60 – 64 dB(A)	€44	€44	€104
65 – 69 dB(A)	€84	€44	€199
70 – 74 dB(A)	€84	€84	€199
75 – 79 dB(A)	€84	€84	€199
>= 80 dB(A)	€84	€84	€199

Kengetallen met betrekking tot overlast door geluid zijn afgeleid door het toepassen van de hedonische prijzenmethode (CE Delft, 2017). Bij deze waarderingmethode wordt er aangenomen dat natuur- en/of milieukwaliteit een verklarende factor is in de variatie in de huizenprijzen. De monetaire waarde is gecorrigeerd voor inflatie.

4.3.2

Mogelijkheden verdere uitbreiding

Naast de hierboven genoemde uitbreidingen zijn er ook mogelijkheden voor verdere uitbreiding van de categorie waarbij tijdens dit onderzoek referenties zijn gevonden, maar die niet verder zijn uitgezocht. Bijvoorbeeld bij het aanleggen van groene daken werden mogelijkheden benoemd met betrekking tot de verhoging van de levensduur van het dak. Dit door het verkleinen van temperatuurschommelingen binnen het dak (Bianchini & Hewage, 2012; Mahdiyar, et al., 2016). In de meeste literatuur werd gesproken over een verdubbeling van de levensduur. Dit zou voornamelijk interessant kunnen zijn voor vastgoed waarvan het dak binnenkort vervangen moet worden.

4.4

Toekomst categorie Sociale cohesie

Zoals besproken in 2.1 wordt de categorie 'Sociale cohesie' voorlopig uit de tool gehaald. Er is echter nog wel vraag naar kengetallen voor sociale baten, maar op dit moment zijn er geen studies gevonden met bruikbare kengetallen.

Het monetariseren van de mogelijke sociale effecten en baten van groene- en blauwe maatregelen wordt aanbevolen. Hierbij kan gedacht worden aan de ontwikkeling van stadslandbouw zoals in park Transwijk in Utrecht, waar mensen van verschillende achtergronden bij elkaar worden gebracht. Of een verlaging van criminaliteit door verbeterd beheer of aanleg van groen in de omgeving (Bogar & Beyer, 2015).

Om data over het effect van groene ruimte op de sociale cohesie te verkrijgen, worden gemeenten aangemoedigd een 0-meting te doen voor de aanvang van een groen of blauw project. Wanneer het project voltooid is, wordt aangemoedigd de sociale cohesie aan de hand van het aantal bezoekers, incidenten en criminaliteit te monitoren.

5 Suggesties en aanvullingen ter verbetering van de gebruikersinterface

Naast het actualiseren en uitbreiden van categorieën in de TEEB Stadtool, richt dit rapport zich ook op het verbeteren en aanvullen van de gebruikersinterface. Onder de gebruikersinterface valt het geheel van informatie, invoer en uitvoer van de online tool.

Informatie wordt voor de gebruiker aangeboden in de begeleidende teksten. Momenteel wordt in deze teksten vooral uitgelegd hoe groene- en blauwe maatregelen monetaire baten opleveren. Ook wordt in de teksten verwezen naar onderzoeken en rapportages die basis van de kengetallen vormen. Voor de actualisatie en uitbreiding van de tool moeten ook deze teksten geactualiseerd en aangevuld worden met de nieuwe informatie. Hierbij dienen ook duidelijke kaders gesteld te worden onder welke omstandigheden baten plaatsvinden.

Ook voor de gebruiker invoer zijn er aanvul- en verbetermogelijkheden. Bij een aantal berekeningen neemt de hoeveelheid gegevens die ingevuld moeten worden toe. De complexiteit van de tool gaat hierdoor omhoog. Hier is voor gekozen omdat de berekeningen op deze manier beter de werkelijkheid benaderen. De extra informatie die van de gebruiker wordt gevraagd zal daarom worden opgenomen in de begeleidende tekst, wanneer mogelijk in tekstuele vorm, en zo niet als verwijzing.

In dit hoofdstuk worden de verbeteringen en aanvullingen benoemd voor iedere categorie.

5.1 Wijzigingen gebruikersinterface categorie Gezondheid

In de categorie 'Gezondheid' worden vier berekeningen toegevoegd. De inleidende tekst van deze categorie dient dat te reflecteren.

Een belangrijk kader voor de generieke berekeningen is dat er geen positieve relatie is gevonden tussen groen en gezondheid in zeer sterk stedelijk gebieden en niet-stedelijke gebieden. Op het moment wordt dit niet beschreven in de begeleidende tekst (wordt wel benoemd bij een referentie, Maas et al., 2009). Om dit kader bij de gebruiker duidelijk te maken, wordt aangeraden het in de tekst te vermelden. Vervolgens kan er in een referentie naar de website van het CBS verwezen worden. Hier kan de gebruiker de mate van stedelijkheid vinden voor zijn projectgebied. Voor de berekening van arbeidsverlies (3.1.2) wordt in de begeleidende tekst een tabel toegevoegd met daarin de arbeidsparticipatie per provincie.

Voor de berekening van fijnstof en gezondheid (3.1.3) wordt het aangeraden om bij de begeleidende tekst de schadelijke effecten van fijnstof te vermelden (verminderde longfunctie, verergering van luchtwegklachten, vroegtijdige sterfte, etc). Voor het gemak van de gebruiker wordt geadviseerd om te refereren naar

luchtkwaliteitskaarten, waar gebruikers de concentratie van fijnstof in het projectgebied kunnen achterhalen.

De tekst over de verergerde gezondheidseffecten bij een hoge bevolkingsdichtheid kan blijven staan. Hierbij dient wel het kader gegeven te worden dat in de berekening voor stikstofdioxide, zwaveldioxide, ozon en geluid uit is gegaan van een Nederlandse standaard kostprijs. Bij deze berekening is geen rekening gehouden met bevolkingsdichtheid.

Voor de nieuwe berekeningen met betrekking tot de luchtkwaliteit (4.1.1) wordt een begeleidende tekst geschreven. In deze tekst worden de gezondheidseffecten van de stoffen vermeld. Ook hier dient gerefereerd te worden aan de luchtkwaliteitskaarten waar gebruikers de concentratie schadelijke stof kunnen vinden. In de begeleidende tekst kan vermeld worden dat de monetaire waarde van luchtvervuiling in gebieden met een hoge bevolkingsdichtheid sterker is dan in gebieden met een lage bevolkingsdichtheid, maar dat daar alleen voor de berekening van fijnstof rekening mee is gehouden.

Voor de nieuwe berekeningen met betrekking tot geluid en gezondheid (4.1.2) wordt een begeleidende tekst geschreven. In deze tekst worden de gezondheidseffecten van geluidsoverlast beschreven. Ook wordt een tabel opgenomen met daarin de schalen van geluidsoverlast (tabel 5.1). Ten slotte wordt er in de tekst een kader opgenomen die vermeldt dat wanneer er verschillende bronnen van overlast zijn, de gebruiker de meest verstorende kiest voor de berekening. Voor gezondheid is de volgorde van schadelijkheid: vliegverkeer > spoorverkeer > wegverkeer

Tabel 5.1 – Schalen van geluidsoverlast

Schaal	Geluid in de woning
1	50 – 54 dB(A)
2	55 – 59 dB(A)
3	60 – 64 dB(A)
4	65 – 69 dB(A)
5	70 – 74 dB(A)
6	75 – 79 dB(A)
7	>= 80 dB(A)

Voor alle specifieke berekeningen met betrekking tot luchtkwaliteit en geluid wordt aangeraden een tekstkader te plaatsen over de veronderstelde constante concentratie luchtvervuiling. De berekeningen gaan er momenteel nog van uit dat de hoeveelheid luchtvervuiling constant blijft gedurende het project. In werkelijkheid is dit onwaarschijnlijk en zal de luchtkwaliteit zich in de loop van de tijd verbeteren.

5.2 Wijzigingen gebruikersinterface categorie Klimaatadaptatie

Klimaatadaptatie is een nieuwe categorie die drie berekeningen uit de TEEB Stadtool hergebruikt. Daarnaast wordt de berekening voor 'Vermeden zuiveringskosten door vergroten waterbergingscapaciteit' uitgebreid met drie subcategorieën (bomen, gras en groene daken) en worden twee berekeningen toegevoegd voor de opslag van koolstofdioxide en voorkomen uitstoot door energiebesparing. De

inleidende tekst kan het belang van klimaatadaptatie beschrijven en hoe de berekeningen hierop inspelen.

De besparing van energie door groene maatregelen (3.2.1 & 3.2.2) wordt hergebruikt uit de categorie 'Energieverbruik'. Ook de begeleidende teksten voor deze berekeningen kunnen worden hergebruikt. De berekening voor 'Energiebesparing door het plaatsen van een bomenrij' (3.2.1) dient voorzien te worden van een kader dat beschrijft dat energiebesparing afhankelijk is van factoren als ligging van de bomen ten opzichte van de bebouwing, dominante windrichting, de dichtheid van de bebouwing en isolatiewaarde van de bebouwing. Voor de berekening van besparing op energieverbruik door isolatie van groene daken (3.2.2) wordt het aangeraden een tekstkader te plaatsen bij de isolatie-effectiviteit van een gebouw.

Voor de berekeningen van vermeden zuiveringskosten door blauwe- of groene maatregelen (3.2.4) kan de begeleidende tekst worden hergebruikt. Wel dient de begeleidende tekst verduidelijkt te worden. De monetaire baten zijn namelijk op basis van vermeden zuiveringskosten en niet op basis van vermeden investeringskosten in RWZI. Ook zal de tekst bij alle berekeningen vermelden dat een verhard oppervlak (asfalt) een bergingscapaciteit heeft van $0,13 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$. Aangezien de uitkomst van de berekening het voordeel van de groene- of blauwe maatregel is ten opzichte van de verharde ondergrond.

Voor de nieuwe berekening van 'afvang van koolstofdioxide door bomen' (4.2.2), wordt een nieuwe begeleidende tekst geschreven. Deze tekst vermeldt het effect van koolstofdioxide op klimaatverandering. Een belangrijk kader wat in deze tekst vermeldt dient te worden is dat voor de berekening wordt uitgegaan van nieuwe bomen tussen 16 – 30 centimeter breed. Er wordt geen rekening gehouden met de toename van afvang gedurende de jaren. In de tekst kan een tabel gegeven worden met daarin de gemiddelde afvang van koolstofdioxide aan de hand van de stamdiameter, voor gebruikers die willen rekenen met bestaande bomen. Een belangrijk kader dat niet in de tekst mag ontbreken is wanneer een boom wordt omgehakt en gebruikt voor het opwekken van energie, een belangrijk deel van de opgeslagen koolstof komt dan weer vrij.

Voor de nieuwe berekening van voorkomen uitstoot van CO₂ door energiebesparende maatregelen (4.2.3) wordt een nieuwe begeleidende tekst geschreven. Hierin staat dat gebruikers resultaten kunnen gebruiken van de TEEB Stadtool (3.2.1 & 3.2.2). Als kader wordt gegeven dat voorkomen uitstoot op basis van aardgas is. Als de gebruiker uit een andere bron warmte haalt, is deze berekening niet van toepassing.

5.3 Wijzigingen gebruikersinterface categorie Vastgoed

De tekst kan uitgebreid worden met referenties naar een hogere vastgoedwaarde door minder geluidsoverlast en meer gemeente inkomsten (OZB) door een hogere vastgoedwaarde. Bij batenhouders worden gemeenten toegevoegd (hogere OZB).

De begeleidende teksten voor 'stijging van vastgoedwaarde van bestaande woningen' en de 'stijging van vastgoedwaarde van nieuwe woningen' kunnen overgenomen worden.

Voor de nieuwe berekeningen van een hogere vastgoedwaarde door minder geluidsoverlast (4.3.1) wordt een begeleidende tekst geschreven. In deze tekst wordt het effect van geluid op woongenot beschreven. Ook wordt een tabel opgenomen met daarin de schalen van geluidsoverlast (tabel 5.1). Ten slotte wordt er in de tekst een kader opgenomen dat wanneer er verschillende bronnen van overlast zijn de gebruiker de meest verstorende kiest voor de berekening. Voor vastgoedwaarde is de volgorde van verstoring net anders dan bij gezondheid en is de volgorde: vliegverkeer > wegverkeer > spoorverkeer

Bij alle berekeningen van de categorie 'Vastgoed' kan er in de begeleidende tekst beschreven worden dat door de hogere vastgoedwaarde de inkomsten uit Ontroerend Zaakbelasting (OZB) toenemen. De jaarlijkse OZB in 2018 was gemiddeld 0,13% van de vastgoedwaarde (Geld.nl, 2018). Precieze waarden zijn veelal op te vragen bij de desbetreffende gemeente.

6 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport wordt de actualisatie en verbetering van de TEEB Stad tool beschreven waarbij:

- in de literatuur is gezocht naar nieuwe relevante studies;
- de kentallen in de tool worden gecorrigeerd voor inflatie tot en met 2018;
- de geprioriteerde thema's: klimaatadaptatie, groene daken en groen en gezondheid nader zijn ingevuld en
- een verbetervoorstel wordt gedaan voor de gebruikersinterface van de online tool.

Door de actualisatie van de kentallen en de discontovoet kan de TEEB Stadtool weer met actuele monetaire waarden rekenen. De uitbreiding van de TEEB Stad tool met de nieuwe categorieën verhogen de gebruikswaarde van de TEEB Stadtool en geven een beter beeld van de waarde van groen en blauw in de stad. Door het verbeteren van de gebruikersinterface wordt de gebruiksvriendelijkheid van de tool verhoogd.

Het wordt aangeraden om de wijzigingen zoals in dit rapport worden beschreven door te voeren in de TEEB Stad tool. Het wordt aanbevolen om de TEEB Stad tool jaarlijks te actualiseren voor de inflatie en eventueel nieuwe studies en kengetallen die in de wetenschappelijke literatuur beschikbaar komen.

Het is mogelijk dat in de toekomst berekeningen die nu uit de tool gehaald zijn, terug komen op basis van nieuwe literatuur. Berekeningen die ook zeker verbeterd zouden kunnen worden zijn die voor energiebesparend vermogen door bomen (Klimaatadaptatie) en voor meer recreatiemogelijkheden (Recreatie & vrije tijd).

Nieuwe uitbreidingsmogelijkheden voor de TEEB Stadtool zijn het verhogen van de waarde van gebouwen welke uitkijken op bebouwing met groene daken, de verhoging van de levensduur van een dak dankzij groene daken, vermindering van mogelijke airconditioningkosten door groene daken en het verminderen van kosten door criminaliteit door het plaatsen van groen.

Tot slot wordt aangeraden de tool aan de technische kant te verbeteren. Op dit moment zijn sommige berekeningen niet of lastig uit te voeren vanwege technische beperkingen.

Referenties

- Alterra. (2010). *Niet bij rood alleen: Buurtgroen en sociale cohesie*. Wageningen: Alterra.
- Arcadis. (2008). *Groene daken Rotterdam: Maatschappelijke kosten-batenanalyse*. Amsterdam: Arcadis.
- Armson, D., Stringer, P., & Ennos, A. R. (2013). The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK. *Urban Forestry & Urban Greening, Vol. 12*, 282-286.
- Ascione, F., Bianco, N., de' Rossi, F., Turni, G., & Vanoli, G. P. (2013). Green roofs in European climates. Are effective solutions for the energy savings in air-conditioning? *Applied Energy Vol. 104*, 845-859.
- Baldocchi, D. D., Hicks, B. B., & Camara, P. (1987). A canopy stomatal resistance model for gaseous deposition to vegetated surfaces. *Atmospheric Environment Vol. 21*, 91-101.
- Bianchini, F., & Hewage, K. (2012). Probabilistic social cost-benefit analysis for green roofs: A lifecycle approach. *Building and Environment Vol. 58*, 152-162.
- Bogar, S., & Beyer, K. M. (2015). Green Space, Violence, and Crime: A Systematic Review. *Trauma Violence & Abuse Vol. 17*, 1-12.
- Boode, S., Berkers, R., & Hoffmans, W. (2009). *Recreatief groen in de stedelijke regio's*. Den Haag: Kenniscentrum Recreatie.
- Breuer, L., Eckhardt, K., & Frede, H. (2003). Plant parameter values for models in temperate climates. *Ecological Modelling Vol. 169*, 237-293.
- CBS. (2018). *Kerncijfers wijken en buurten 2018*. Opgeroepen op December 11, 2018, van CBS Statline: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/84286NED/table?dl=164CC>
- CBS. (2019a). *Energieverbruik particuliere woningen; woningtype en regio's*. Opgeroepen op April 1, 2019, van Centraal Bureau voor de Statistiek: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/81528NED/table?dl=1C787>
- CBS. (2019b). *Netto arbeidsparticipatie*. Opgeroepen op April 4, 2019, van Centraal Bureau voor de Statistiek: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83523NED/table?dl=1C726>
- CE Delft. (2001). *Benzine, diesel en LPG; balanceren tussen milieu en economie*. Delft: CE Delft.
- CE Delft. (2004). *De prijs van een reis, De maatschappelijke kosten van het verkeer*. Delft: CE Delft.
- CE Delft. (2017). *Handboek Milieuprijzen*. Delft: CE Delft.
- Claus, K., & Rousseau, S. (2012). Public versus private incentives to invest in green roofs: A cost benefit analysis for Flanders. *Urban Forestry & Urban Greening Vol. 11*, 417-425.
- CLO. (2018). *Jaarlijkse hoeveelheid neerslag in Nederland, 1910-2017*. Opgeroepen op April 30, 2018, van Compendium voor de Leefomgeving: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0508-jaarlijkse-hoeveelheid-neerslag-in-nederland>

- CPB. (2011). *De BTW in kosten-batenanalyses*. Den Haag: CPB.
- CROW. (2012). *Baten van de openbare ruimte, Maatschappelijke kosten-batenanalyse van inrichting en beheer*. Ede: CROW.
- Daams, M. N., Sijtsma, F. J., & van der Vlist, A. J. (2016). The Effect of Natural Space of Nearby Property Prices: Accounting for Perceived Attractiveness. *Land Economics Vol. 92, Iss. 3*, 389-410.
- De Nocker, L., & Viaene, P. (2016). *Methode ecosysteemdienst fijn stof afvang*. Antwerpen: Ecoplan (VITO).
- DVS/SEE. (2011). *MKBA-kengetallen voor omgevingskwaliteiten*. Rotterdam: DVS/SEE.
- DVS/SEE. (2013). *Handreiking 'Toepassing BTW-tarieven kengetallen KBA'*. Rotterdam: DVS/SEE.
- Ecorys. (2004). *Ketenstudies ammoniak, chloor en LPG, Kosten en baten van vervanging van LPG als autobrandstof*. Rotterdam: Ecorys.
- ES Consulting. (2003a). *Energetische waarde van planten in de bebouwde omgeving*. Driebergen-Rijsenburg: ES Consulting.
- ES Consulting. (2003b). *Haalbaarheidsonderzoek Energetische Stedenbouw, NEONOVEM*. Weesp: ES Consulting.
- Essent. (2019). *Van het aardgas af? Zo staan we er nu voor*. Opgeroepen op April 1, 2019, van Essent: <https://www.essent.nl/content/particulier/kennisbank/verwarming/van-het-aardgas-af-zo-staan-we-er-nu-voor.html>
- Geld.nl. (2018). *OZB berekenen*. Opgeroepen op November 12, 2018, van Geld.nl: <https://www.geld.nl/hypotheek/service/ozb-berekenen>
- Gezondheid & Milieu. (2018a). *Zwaveldioxide*. Opgeroepen op November 13, 2018, van Gezondheid & Milieu: <http://www.gezondheidenmilieu.be/nl/subthemas/zwaveldioxide-548.html>
- Gezondheid & Milieu. (2018b). *Smog*. Opgeroepen op November 13, 2018, van Gezondheid & Milieu: <http://www.gezondheidenmilieu.be/nl/subthemas/smog-1371.html&target=1373#id-1373>
- Gezondheid & Milieu. (2018c). *Stikstofoxiden*. Opgeroepen op November 13, 2018, van Gezondheid & Milieu: <http://www.gezondheidenmilieu.be/nl/subthemas/stikstofoxiden-478.html>
- Hiemstra, J. A. (2012). *Een samenvatting van 15 jaar onderzoek naar de gebruikswaarde van straatbomen*. Lisse: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.
- Hirabayashi, S., Kroll, C. N., & Nowak, D. J. (2011). Component-based development and sensitivity analyses of an air pollutant dry deposition model. *Environmental Modelling & Software Vol. 26*, 804-816.
- KPMG. (2012). *Groen, gezond en productief. The Economics of Ecosystems & biodiversity (TEEB NL): natuur en gezondheid*. Amstelveen: KPMG.
- Lagström, J. (2004). *Do Extensive Green Roofs Reduce Noise?* Malmö: International Green Roof Institute (Scandinavian Green Roof Institute).
- Luttik, J., & Zijlstra, M. (1997). *Woongenot heeft een prijs : het waardeverhogend effect van een groene en waterrijke omgeving op de huizenprijs*. Wageningen: Universiteit Wageningen.

- Maas, J., Verheij, R. A., de Vries, S., Spreeuwenberg, P., Schellevis, F. G., & Groenewegen, P. P. (2009). Morbidity is related to a green living environment. *Journal of Epidemiology & Community Health* Vol. 63, 967-973.
- Mahdiyari, A., Tabatabaee, S., Sadeghifam, A. N., Mohandes, S. R., Abdullah, A., & Meynagh, M. M. (2016). Probabilistic private cost-benefit analysis for green roof installation: A Monte Carlo simulation approach. *Urban Forestry & Urban Greening* Vol. 20, 317-327.
- McPherson, E. G., Nowak, D. J., & Rowntree, R. A. (1994). *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. Washington D.C.: United States Department of Agriculture.
- McPherson, G. E., Nowak, D., Heisler, G., Grimmond, S., Souch, C., Grant, R., et al. (1997). Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago Urban Forest Climate Project. *Urban Ecosystems* Vol. 1, 49-61.
- Melman, T. C., & Van der Heide, C. M. (2011). *Ecosysteemdiensten in Nederland: verkenning betekenis en perspectieven*. Wageningen: Wageningen UR.
- Milieucentraal. (2018a). *Isoleren en besparen*. Opgeroepen op April 23, 2018, van Milieucentraal: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/>
- Milieucentraal. (2018b). *Energieprijzen*. Opgeroepen op April 08, 2019, van Milieucentraal: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/snel-besparen/grip-op-je-energierekening/energierekening-2019/>
- Min. VWS & EZ. (2000). *Leidraad OEI: Evaluatie van infrastructuurprojecten. Leidraad voor kosten-batenanalyse*. Den Haag: Min. VWS & EZ.
- Ministerie van LNV. (2006). *Kengetallen Waardering Natuur, Water, Bodem en Landschap, Hulpmiddel bij MKBA's*. Den Haag: Ministerie van LNV.
- NIBUD. (2002). *NIBUD bestedingsonderzoek huishoudens*. Utrecht: NIBUD.
- Nowak, D., Hirabayashi, S., Doyle, M., McGovern, M., & Pasher, J. (2018). Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health. *Urban Forestry & Urban Greening* Vol. 29, 40-48.
- Remme, R., de Nijs, T., & Paulin, M. (2017). *Natural Capital Model: Technical documentation of the quantification, mapping and monetary valuation of urban ecosystem services*. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- RIVM. (2007). *Cijfertool Kosten van Ziekten met cijfers uit de 'Kosten van Ziektenstudie'*. Bilthoven: RIVM.
- RIVM. (2018). *Grootschalige Concentratie- en Depositiekaarten Nederland (GCN en GDN)*. Opgeroepen op Mei 14, 2019, van Geodatasite van het RIVM: <https://geodata.rivm.nl/gcn/>
- Ruijs, A., & Renes, G. (2017). *De discontovoet voor natuur: De relatieve prijsstijging voor ecosysteemdiensten*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- RWS/SEE. (2015). *Kengetallen*. Opgehaald van Steunpunt Economische Expertise: <https://www.rwseconomie.nl/kengetallen>

- Speak, A. F., Rothwell, J. J., Lindley, S. J., & Smith, C. L. (2012). Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city. *Atmospheric Environment Vol. 61*, 283-293.
- Staatscourant. (2016). *City Deal Waarden van groen en blauw in de stad*. Den Haag: Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.
- Staatscourant. (2018). Kennisgeving standaard CO2-emissiefactor aardgas voor emissiehandel 2018, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. *Kennisgeving standaard CO2-emissiefactor aardgas voor emissiehandel 2018, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat*. Den Haag, Zuid-Holland, Nederland: Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.
- Stichting Climate Adaptation Services. (2018). *Wateroverlast*. Opgeroepen op December 11, 2018, van Klimaat Effect Atlas: <http://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>
- Stovin, V. (2010). The potential of green roofs to manage Urban Stormwater. *Water and Environment Journal Vol. 24*, 192-199.
- Stovin, V., Poë, S., & Berretta, C. (2013). A modelling study of long term green roof retention performance. *Journal of Environmental Management Vol. 131*, 206-215.
- Stovin, V., Vesuviano, G., & Kasmin, H. (2012). The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions. *Journal of Hydrology Vol. 414-415*, 148-161.
- STOWA. (2013). *Symbool zuivering, Theoretische verkenning van de haalbaarheid*. Amersfoort: STOWA.
- TEEB Stad. (2013). *Meer over teeb.stad*. Opgeroepen op Oktober 15, 2018, van TEEB Stad: <https://www.teebstad.nl/meer-over-teebstad>
- TNO. (2004). *Effecten van groenelementen op NO2 en PM10 concentraties in de buitenlucht*. Hoofddorp: TNO.
- TNO. (2010). *Objectiveren van gezondheidsgerelateerde nonparticipatie en de vermijdbare bijdrage van de gezondheidszorg hieraan*. Hoofddorp: TNO.
- Van der Heijde, M. (2005). *An economic analysis of nature policy*. Amsterdam: Vrije Universiteit Amsterdam.
- van Renterghem, T., Forssén, J., Attenborough, K., Jean, P., Defrance, J., Hornikx, M., et al. (2015). Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. *Applied Acoustics Vol. 92*, 86-101.
- Witteveen & Bos. (2012a). *Sturen op ondergrondwater in het planproces voor de Almelose binnenstad*. Deventer: Witteveen & Bos.
- Witteveen & Bos. (2012b). *De baten van meer natuur en water in Stadshavens Rotterdam*. Deventer: Witteveen & Bos.
- Wolf, K. L. (2003). Public response to the urban forest in inner-city business districts. *Journal of Arboriculture Vol. 29*, 117-126.
- Wolf, K. L. (2005). Trees in the Small City Retail Business District: Comparing Resident and Visitor Perceptions. *Journal of Forestry Vol. 103*, 390-395.

Bijlage I – Bronnenlijst relevante kengetallen (2019)

Categorie	Effect	Kengetal	Eenheid	Bron
Gezondheid				
1a/1b	Afname patiënten door groenere woonomgeving	0,835	Minder patiënten per 1.000 inwoners: bij 1% meer groen binnen een straal van 1 km rondom de woning	Maas e.a. (2009)
1a	Zorgkosten per patiënt	917	€ per patiënt	KPMG (2012) RIVM (2007)
1b	Arbeidsparticipatie	64,2 – 70,6	% arbeids-participatie	CBS (2019b)
1b	Arbeidsverlies per patiënt	6679	€ per patiënt	KPMG (2012) TNO (2010)
1c	Depositiesnelheid fijnstof (Bomen)	0,91	cm/s	Melman & van der Heide (2011)
1c	Depositiesnelheid fijnstof (Gras)	0,33	cm/s	Melman & van der Heide (2011)
1c	Depositiesnelheid fijnstof (Riet)	0,45	cm/s	Melman & van der Heide (2011)
1c	Depositiesnelheid fijnstof (Groene daken)	0,33	cm/s	Melman & van der Heide (2011)
1c	Resuspensie van fijnstof	0,5	-	De Nocker & Viaene (2016)
1c/1d/1e/1f	Eenheidscorrectie cm/s → kg/ha/jaar	3,1536	-	Remme, de Nijs & Paulin (2017)
1c	Maatschappelijke waarde fijnstof	45,22	€/kg	CE Delft (2017)
1d	Depositiesnelheid stikstofdioxide (Bomen)	0,44	cm/s	Hirabayashi, Kroll & Nowak (2011) Breuer, Eckhardt & Frede (2003)
1d	Depositiesnelheid stikstofdioxide (Gras)	0,50	cm/s	Hirabayashi, Kroll & Nowak (2011) Breuer, Eckhardt & Frede (2003)
1d	Depositiesnelheid stikstofdioxide (Groene daken)	0,50	cm/s	Hirabayashi, Kroll & Nowak (2011) Breuer, Eckhardt & Frede (2003)
1d	Maatschappelijke waarde	35,18	€/kg	CE Delft (2017)

Categorie	Effect	Kengetal	Eenheid	Bron
	stikstofdioxide			
1e	Depositiesnelheid zwaveldioxide (Bomen)	0,68	cm/s	Hirabayashi, Kroll & Nowak (2011) Breuer, Eckhardt & Frede (2003)
1e	Depositiesnelheid zwaveldioxide (Gras)	0,72	cm/s	Hirabayashi, Kroll & Nowak (2011) Breuer, Eckhardt & Frede (2003)
1e	Depositiesnelheid zwaveldioxide (Groene daken)	0,72	cm/s	Hirabayashi, Kroll & Nowak (2011) Breuer, Eckhardt & Frede (2003)
1e	Maatschappelijke waarde zwaveldioxide	25,24	€/kg	CE Delft (2017)
1f	Depositiesnelheid ozon (Bomen)	0,70	cm/s	Hirabayashi, Kroll & Nowak (2011) Breuer, Eckhardt & Frede (2003)
1f	Depositiesnelheid ozon (Gras)	0,75	cm/s	Hirabayashi, Kroll & Nowak (2011) Breuer, Eckhardt & Frede (2003)
1f	Depositiesnelheid ozon (Groene daken)	0,75	cm/s	Hirabayashi, Kroll & Nowak (2011) Breuer, Eckhardt & Frede (2003)
1f	Maatschappelijke waarde ozon	4,24	€/kg	Nowak e.a. (2018)
1g	Vermindering geluidsoverlast	6	dB(A)	Van Renterghem e.a. (2015)
1g	Vermindering geluidsoverlast	10	dB(A)	Van Renterghem e.a. (2015)
1g	Vermindering geluidsoverlast	3	dB(A)	Van Renterghem e.a. (2015)
1g	Vermindering geluidsoverlast	13	dB(A)	Lagström (2004)
1g	Maatschappelijke waarde geluidsoverlast (gezondheid)	4 – 32	€/dB(A)	CE Delft (2017)
Klimaatadaptatie				
2a	Energiebesparing woningen door beschutting bomen	7,5 – 10	% besparing energieverbruik	Min. LNV (2006 - L6) ES Consulting (2003a) ES Consulting (2003b)

Categorie	Effect	Kengetal	Eenheid	Bron
2a	Gemiddeld gasverbruik per woning	1240	m ³ aardgas	CBS (2019a)
2a	Correctiefactor windrichting	0,3	Tijd sprake van windrichting	Min. LNV (2006 - L6)
2b	Energiebesparing door isolatie door groene daken	0,29	m ³ /m ² /jaar	Ascione e.a. (2013)
2b	Isolatie-effectiviteit	0 – 100	%	Milieucentraal (2018a)
2a/2b	Energiekosten (aardgas)	0,79	€/m ³	Milieucentraal (2018b)
2c	Vermeden zuiveringskosten (verharde ondergrond)	15	% afvang	Armson, Stringer & Ennos (2013)
2c	Vermeden zuiveringskosten (open water)	100	% afvang	-
2c	Vermeden zuiveringskosten (bomen)	77	% afvang	Armson, Stringer & Ennos (2013)
2c	Vermeden zuiveringskosten (gras)	99	% afvang	Armson, Stringer & Ennos (2013)
2c	Vermeden zuiveringskosten (groene daken)	69 34 50 49	% afvang % afvang % afvang % afvang	Stovin, Poë & Berretta (2013) Stovin, Vesuviano & Kasmin (2010) Stovin (2012) Claus & Rousseau (2012)
2c	Zuiveringskosten water	0,86	€/m ³	STOWA (2013)
2d	Opslag van koolstofdioxide door bomen	34,5	kg/boom/jaar	McPherson, Nowak, & Rowntree (1994)
2e	Productie koolstofdioxide bij verbranding aardgas	1,99	kg/m ³	Staatscourant (2018)
2d/2e	Maatschappelijke waarde koolstofdioxide	0,058	€/kg	CE Delft (2017)
Vastgoed				
3a/3b	Meer vastgoedwaarde door uitzicht op groenlijn	5	% vastgoedwaarde	Min. LNV (2006 - N18) Luttik & Zijlstra (1997)
3a/3b	Meer vastgoedwaarde door uitzicht op park/waterplas	8	% vastgoedwaarde	Min. LNV (2006 - N18) Luttik & Zijlstra (1997)

Categorie	Effect	Kengetal	Eenheid	Bron
3a/3b	Meer vastgoedwaarde door nabijheid park/waterplas	6	% vastgoedwaarde	Min. LNV (2006 - N18) Witteveen & Bos (2012a) Luttik & Zijlstra (1997)
3a/3b	Meer vastgoedwaarde door grenzend aan kanaal	12	% vastgoedwaarde	Min. LNV (2006 - N18) Luttik & Zijlstra (1997)
3c	Vermindering geluidsoverlast door smalle vegetatie barrière	6	dB(A)	Van Renterghem e.a. (2015)
3c	Vermindering geluidsoverlast door brede vegetatie barrière	10	dB(A)	Van Renterghem e.a. (2015)
3c	Vermindering geluidsoverlast door groen dak aan stille zijde	3	dB(A)	Van Renterghem e.a. (2015)
3c	Vermindering geluidsoverlast vliegverkeer door groen dak	13	dB(A)	Lagström (2004)
3c	Hogere vastgoedwaarde door vermindering geluidsoverlast	0 – 199	€/dB(A)	CE Delft (2017)
3	Gemiddelde OZB	0,13	%	Geld.nl (2018)
Recreatie & vrije tijd				
4b	Stijging omzet door groenere omgeving	9	%	Wolf (2005) Wolf (2003)
4b	Meer winst ondernemers door groenere omgeving	5	%	Witteveen & Bos (2012b)

Bijlage II – Bronnenlijst relevante kengetallen (2015)

Categorie	Effect	Kengetal	Eenheid	Bron
Gezondheid				
1a/1b	Afname patiënten door groenere woonomgeving	0,835	minder patiënten per 1.000 inwoners: bij 1% meer groen binnen een straal van 1 km rondom de woning	Maas e.a. (2009)
1a	Zorgkosten per patiënt	868	euro / patiënt	KPMG (2012) RIVM (2007)
1b	Aandeel patiënten dat anders werkzaam zou zijn geweest	0,67	gemiddelde participatiegraad in NL	KPMG (2012)
1b	Arbeidskosten per patiënt (die anders werkzaam zou zijn geweest)	6.341	euro / zieke werknemer	KPMG (2012) TNO (2010b)
1c	Verbetering luchtkwaliteit (Bomen)	0,1	kg fijnstof afvang per volgroeide boom	Min. LNV (2006 - N8) TNO (2004)
1c	Verbetering luchtkwaliteit (Gras)	1	kg fijnstof afvang per ha gras	Witteveen & Bos (2012a) Min. LNV (2006 - N8) TNO (2004)
1c	Verbetering luchtkwaliteit (Riet)	10	kg fijnstof afvang per ha riet	Min. LNV (2006 - N8) TNO (2004)
1c	Verbetering luchtkwaliteit (Groen dak)	0,005	kg fijnstof afvang per m ² groen dak	Arcadis (2008)
1c	Verbetering luchtkwaliteit (binnen de bebouwde kom)	95	euro / kg fijnstof	RWS/SEE (2015) Min. LNV (2006 - N8) CE (2004) Ecorys (2004) CE (2001)

Categorie	Effect	Kengetal	Eenheid	Bron
				Min. VWS & EZ (2000)
1c	Verbetering luchtkwaliteit (buiten de bebouwde kom)	405	euro / kg fijnstof	RWS/SEE (2015) Min. LNV (2006 - N8) CE (2004) Ecorys (2004) CE (2001) Min. VWS & EZ (2000)
Energieverbruik				
2a	Energiebesparing woningen door beschutting bomen (zone 0 – 50 meter)	10%	besparing energiegebruik	Min. LNV (2006 - L6) ES Consulting (2003a) ES Consulting (2003b)
2a	Energiebesparing woningen door beschutting bomen (zone 50 – 100 meter)	7,5%	besparing energiegebruik	Min. LNV (2006 - L6) ES Consulting (2003a) ES Consulting (2003b)
2a	Gemiddeld gasverbruik per woning	1.600	m ³ gemiddeld gasverbruik per woning in NL	Milieucentraal (2015; download website) Arcadis (2008)
2a	Correctiefactor windrichting	0,3	aandeel tijd dat er sprake is van een windrichting, welke gebroken wordt door de nieuwe bomenhaag	Min. LNV (2006 - L6)
2b	Energiebesparing door isolatie door groene daken	5%	% daling gasverbruik	Arcadis (2008)
2a/2b	Energiekosten	0,66	euro / m ³ gas	Milieucentraal.nl (2016)
Waarde van woningen				
3a/3b	Meer vastgoedwaarde door uitzicht op groenlijn	5%	waardestijging bij uitzicht op groenlijn	Min. LNV (2006 - N18) Luttik & Zijlstra (1997)
3a/3b	Meer vastgoedwaarde door uitzicht op park/waterplas	8%	waardestijging bij uitzicht op park of waterplas	Min. LNV (2006 - N18) Luttik & Zijlstra (1997)

Categorie	Effect	Kengetal	Eenheid	Bron
3a/3b	Meer vastgoedwaarde door nabijheid park/waterplas	6%	waardestijging bij nabijheid van park of waterplas	Witteveen & Bos (2012a) Min LNV (2006 - N18) Luttik & Zijlstra (1997)
3a/3b	Meer vastgoedwaarde door grenzend aan kanaal	12%	waardestijging bij grenzend aan open water	Min. LNV (2006 - N18) Luttik & Zijlstra (1997)
3c	Meer vastgoedwaarde door verbetering kwaliteit openbaar groen	7%	waardestijging door meer woongenot, indien onderhoudskwaliteit op een schaal van 1 tot 5 (onderhouds-kwaliteit: D, C, B, A en A+) één volledig punt stijgt.	CROW (2012)
Recreatie & vrije tijd				
4a	Betalingsbereidheid van natuur(bezoeken)	1,14	euro / bezoek	DVS/SEE (2013) DVS/SEE (2011) Min. LNV (2006 - N15)
4b	Meer omzet ondernemers door groenere omgeving	9%	omzetstijging	Wolf (2005) Wolf (2003)
4b	Meer winst ondernemers door groenere omgeving	5%	winst over omzet	Witteveen & Bos (2012b)
Sociale cohesie				
5a	Stijging sociale cohesie (plantsoen areaal)	0,55	1% toename van plantsoenareaal (plantsoen < 3 hectare) leidt tot een 0,55 % stijging van de sociale cohesie in de wijk.	Alterra (2010)
5a	Stijging sociale cohesie (water areaal)	0,37	1% toename van waterareaal leidt tot een 0,37 % stijging van de sociale cohesie in de	Alterra (2010)

Categorie	Effect	Kengetal	Eenheid	Bron
			wijk.	
5a	Sociale cohesie score in schaal van 1 tot 5	3	Uitgaande van een gemiddeld sociaal vertrouwen van 3, binnen een schaal van 1 tot 5.	
5a	Afname aantal verhuizingen	0,021	aantal minder verhuizenden personen per categorie sociale cohesie stijging per inwoner p.j.	CROW (2012)
5a	Vermeden verhuiskosten door meer sociale cohesie door toename plantsoen- en wateroppervlak	3.025	euro / verhuizende	DVS/SEE (2013) DVS/SEE (2011) NIBUD (2002)
Waterhuishouding				
6a	Herstelkosten bij regionaal wateroverlast	24.136	euro herstelkosten / getroffen huishouden	DVS/SEE (2011) Min. LNV (2006 - W19) HKV Lijn in Water & TNO (2002)
6b	Verschil afvoerkosten regenwater RWZI versus gemaal	0,76	jaarlijks kostenvoordeel van 1 m ³ waterafvoercapaciteit RWZI / oppervlaktewatersysteem	STOWA (2013)

Bijlage III – Berekeningen depositiesnelheid fijnstof in verschillende vegetaties

In Melman & Van der Heide (2011) worden de waarden van verschillende vegetatietypen gegeven voor de afvang van fijnstof in kg/ha/jaar. Hierbij wordt uitgegaan van een fijnstof concentratie van $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, er is geen rekening gehouden met resuspensie. Hieruit komen de volgende waarden:

	Naaldbos	Loofbos	Riet	Grasland
Totaal (kg/ha/jaar)	126,93	72,85	49,67	36,42

Door gebruik te maken van de retentieformule te vinden in Remme, de Nijs en Paulin (2017) kunnen deze waarden terug gerekend worden tot de depositiesnelheid (V_d) met de formule:

$$V_d = R_{\text{PM}_{10}} / C_{\text{PM}_{10}} / fr / UC$$

$R_{\text{PM}_{10}}$	=	Retentie
$C_{\text{PM}_{10}}$	=	Concentratie fijnstof
fr	=	Resuspensie
UC	=	Correctiefactor kg/ha/jaar \rightarrow cm/s * $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Omdat in het rapport van Melman & Van der Heide geen rekening is gehouden met resuspensie (fr) wordt de formule:

$$V_d = R_{\text{PM}_{10}} / C_{\text{PM}_{10}} / UC$$

Hierbij is $C_{\text{PM}_{10}}$ 35 en UC 3,1536

Hieruit zijn de volgende depositiesnelheden af te leiden:

	Naaldbos	Loofbos	Riet	Grasland
Depositiesnelheid (cm/s)	1,15	0,66	0,45	0,33

Wanneer een gemiddelde wordt genomen voor loof- en naaldbomen komt dit uit op een depositiesnelheid van 0,91 (cm/s).

Bijlage IV – Berekeningen depositiesnelheid stikstofdioxide, zwaveldioxide en ozon in verschillende vegetaties

In Hirabayashi, Kroll & Nowak (2011) wordt de depositiesnelheid (V_d) van stikstofdioxide, zwaveldioxide en ozon berekend aan de hand van de Leaf Area Index (LAI) van de vegetatie. Depositiesnelheid is bepaald door linearisatie van die relatie. Tabel IV.1 geeft de afleiding van de helling van de lijn (a_{LAI}) op basis van twee ijkpunten van de LAI (2,5 en 10).

Tabel IV.0.1 – Coördinaten en helling van het lineaire verband tussen Leaf Area Index (LAI) en depositiesnelheid (V_d)

	LAI (2,5)	LAI (10)	a_{LAI}
Stikstofdioxide	0,283	0,623	0,045
Zwaveldioxide	0,544	0,825	0,037
Ozon	0,544	0,871	0,044

In Breuer, Eckhardt & Frede (2003) wordt de LAI voor verschillende vegetaties in een gematigd (Europees) klimaat gegeven. Toegepast op de stoffen uit tabel IV.1 zijn de depositiesnelheden berekend voor gras, loofbomen en naaldbomen, zie Tabel IV.2. klimaat gegeven:

Tabel IV.0.2 – Leaf Area Index (LAI) en depositiesnelheden per vegetatietype

Vegetatie	LAI	Depositiesnelheid (V_d)		
		Stikstofdioxide	Zwaveldioxide	Ozon
Gras	4,7	0,50	0,72	0,75
Loofboom	3,3	0,43	0,67	0,69
Naaldboom	3,7	0,45	0,68	0,71

Voor loof- en naaldbomen kan een gemiddelde depositiesnelheid van 0,44 (cm/s) voor NO_2 , 0,68 (cm/s) voor SO_2 en 0,70 (cm/s) voor O_3 aangehouden worden.

Bijlage V – Technische rekenmethode van de TEEB Stadtool

De baatberekeningen in de TEEB Stadtool hebben alle dezelfde formules:

1. $effect = \prod k_v \times \prod k_e$
2. $waarde = effect \times \prod k_w$

Waarin k_v de kentallen zijn die gevraagd worden (input), k_e de effect kentallen zijn, en k_w de (monetaire)waarde kentallen. De *waarde* is soms een absoluut bedrag, maar vaker een jaarlijkse baat. In dat geval geldt:

$$waarde = effect \times \prod k_w \times df$$

Met df – discontofactor. Deze is gebaseerd op een netto constante waarde (discontovoet) van 2%:

$$NCW = \sum_0^n \frac{B_n}{(1+r)^n}$$

Met B – jaarlijkse baat, r – discontovoet en n – aantal periodes. De waarde voor df is de netto constante waarde bij een jaarlijkse baat van 1 euro, waarbij projectduur 30 jaar wordt verondersteld ($n=30$).

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag