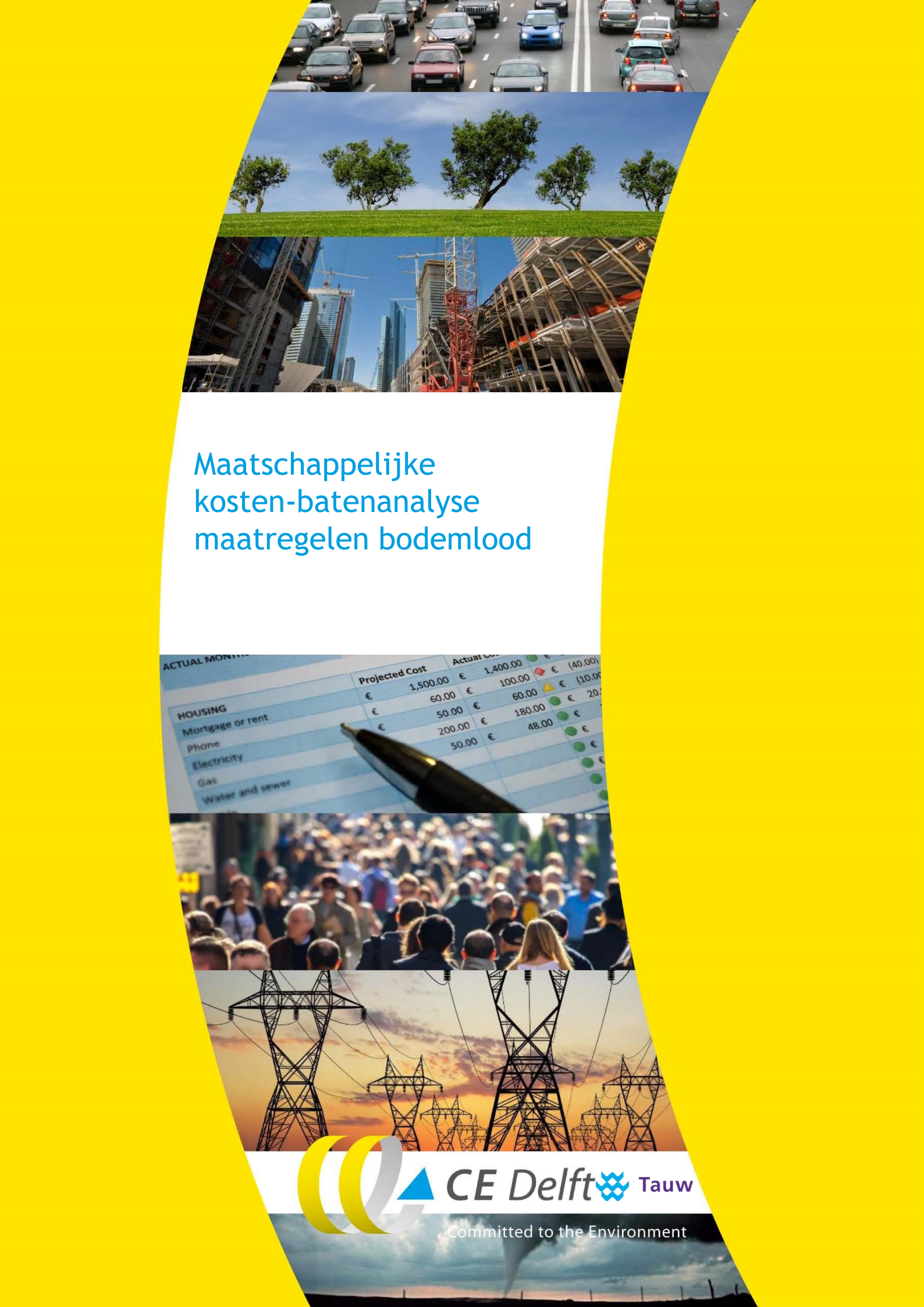




Maatschappelijke kosten-batenanalyse maatregelen bodemlood

	Projected Cost	Actual Cost	
	€ 1,500.00	€ 1,400.00	€ (40.00)
HOUSING			
Mortgage or rent	€ 60.00	€ 100.00	€ (10.00)
Phone	€ 50.00	€ 60.00	€ 20.00
Electricity	€ 200.00	€ 180.00	€ 20.00
Gas	€ 50.00	€ 48.00	€ 2.00
Water and sewer			



CE Delft



Tauw

Committed to the Environment

Maatschappelijke kosten-batenanalyse maatregelen bodemlood

Dit rapport is geschreven door:

Robert Vergeer (CE Delft, PL)

Martijn Blom (CE Delft)

Ellen Schep (CE Delft)

Martijn Mekink (Tauw bv)

Mark in 't Veld (Tauw bv)

Delft, CE Delft, oktober 2017

Publicatienummer: 17.7K50.85

Lood / Bodem / Verontreinigde grond / Maatschappelijke factoren / Kosten /
Beleidsmaatregelen / Analyse

Opdrachtgever: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Robert Vergeer.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al ruim 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Voorwoord

In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu hebben CE Delft en Tauw een maatschappelijke kosten-batenanalyse uitgevoerd van maatregelen ter beheersing van risico's van diffuse loodverontreiniging in de bodem.

Het onderzoek is ondersteund door de volgende klankbordgroep:

- Martin van Gelderen (Opdrachtgever, ministerie van IenM);
- Reinier Besemer (Provincie Utrecht, IPO);
- Jan van der Veen (Provincie Zuid-Holland, IPO);
- René Smolders (Rijkswaterstaat Bodem+ & gemeente Breda);
- Michiel Gadella (Rijkswaterstaat Bodem+).

Daarnaast is een expertbijeenkomst georganiseerd waarbij de volgende personen input hebben geleverd:

- Peter de Bruin (gemeente Amsterdam);
- Anton Roelofzzen (gemeente Rotterdam/DCMR);
- Else Niesing (gemeente Zaanstad);
- Peter Bouter (gemeente Arnhem);
- Ingrid Links (GGD);
- Michiel Gadella (Rijkswaterstaat Bodem+);
- Jan van der Veen (Provincie Zuid-Holland);
- Mark de Boo (Omgevingsdienst Midden Holland);
- Piet Otte & Frank Swartjes (RIVM).

De berekening van risico's is tot stand gekomen in samenwerking met het RIVM, in de personen van Piet Otte en Marco Zeilmaker. Over de opname van lood in het lichaam en de gezondheidseffecten is gecorrespondeerd met de GGD (Ingrid Links).

We willen iedereen danken voor hun waardevolle inbreng in het project. Dit heeft de kwaliteit in onze ogen sterk verhoogd. De inhoud en conclusies van de rapportage zijn geheel voor rekening van de auteurs.

Inhoud

	Samenvatting	6
1	Inleiding	10
1.1	Aanleiding	10
1.2	Centrale vraag	10
1.3	Wat is een MKBA?	11
1.4	Scope	12
1.5	Leeswijzer	13
2	Aanpak	14
2.1	Aanpak in vogelvlucht	14
2.2	Gebruik van risicomodellen in een MKBA	16
2.3	Mee te nemen effecten	17
2.4	Toekomstonzekerheid	19
3	Beschrijving nulalternatief	20
3.1	Inleiding	20
3.2	Uitgangspunten huidig beleid	20
3.3	Grootte te beschouwen gebied	21
3.4	Aantal kinderen in het te beschouwen gebied	21
3.5	Loodgehalte in de bodem	22
3.6	Type bewoond gebied	23
3.7	Blootstelling aan lood op gebiedsniveau	24
4	Beschrijving projectalternatieven	28
4.1	Inleiding	28
4.2	Beheersmaatregelen	28
4.3	De projectalternatieven	31
5	Baten	33
5.1	Inleiding	33
5.2	Effect van beheersmaatregelen op blootstelling aan lood	33
5.3	Effect van beheersmaatregelen op loodconcentratie in bloed	34
5.4	Effect van vermindering loodbloedwaarde op vermeden IQ-verlies	35
5.5	De waardering van vermeden IQ-verlies	38
5.6	Baten per projectalternatief	39
6	Directe kosten	40
7	Indirecte kosten	42
7.1	Welvaartsverlies vanwege overlast	42
7.2	Welvaartsverlies vanwege onrust	42
7.3	Welvaartsverlies vanwege milieuvervuiling bij transport en verwerken grond	43
7.1	Welvaartsverlies vanwege verkeersslachtoffers	44

8	MKBA-resultaat	46
8.1	Inleiding	46
8.2	Resultaat	46
8.3	Conclusie	49
9	Gevoeligheidsanalyse	50
9.1	Inleiding	50
9.2	Gevoeligheid resultaten voor het loodgehalte	50
9.3	Gevoeligheid resultaten voor de effectiviteit maatregelen	53
9.4	Gevoeligheid resultaten voor het aantal kinderen per hectare	55
9.5	Gevoeligheid resultaten voor de kosten van maatregelen	57
9.6	Gevoeligheid resultaten voor het toekomstscenario	58
9.7	Gevoeligheid van de resultaten voor de gebiedsgrootte	59
9.8	Conclusie	59
10	Conclusie voor beleidsmakers	61
11	Bibliografie	65
Bijlage A	Toelichting relatie blootstelling en loodconcentratie in bloed	67
Bijlage B	Toelichting relatie tussen loodconcentratie in bloed en IQ-verlies	68
Bijlage C	Onderbouwing aannames blootstelling per type bebouwd gebied	69
Bijlage D	Berekening negatieve welvaartseffect milieuschade transport & verwerking grond	72
Bijlage E	Berekening welvaartsverlies vanwege verkeersslachtoffers	79
Bijlage F	Onderbouwing aannames effectiviteit maatregelen	81
F.1	Inleiding	81
F.2	Resultaat expert judgement	81
F.3	Uitgangpunten bij bepaling effectiviteit	82
Bijlage G	Uitgangspunten en kentallen kostenraming beheersmaatregelen	84
G.1	Uitgangspunten	84
G.2	Onderbouwing kentallen oppervlaktebepaling bodemgebruiksvormen	87
G.3	Onderbouwing kentallen kosten algemene gebruiksadviezen	88
G.4	Onderbouwing kentallen kosten locatiegerichte gebruiksadviezen	89
G.5	Onderbouwing kentallen kosten functiegericht saneren	89
G.6	Onderbouwing kentallen kosten faciliteren	91

Bijlage H	De waardering van een IQ-punt	92
Bijlage I	Verklaring verschillen met MNP (2007)	95
Bijlage J	Discontovoet	96

Samenvatting

Aanleiding en doel

Uit recente analyses van de European Food Safety Authority blijkt dat blootstelling aan lood, ook bij lagere gehalten, schadelijke effecten heeft op de gezondheid van jonge kinderen (tot zes jaar) in de vorm van intelligentieverlies. Het gezondheidsrisico kent geen drempelwaarde voor het loodgehalte. Lood komt als gevolg van jarenlang menselijk handelen op veel plaatsen in de bodem als diffuse bodemverontreiniging voor. Kinderen worden blootgesteld aan lood in de bodem, bijvoorbeeld doordat zij vervuilde gronddeeltjes binnen krijgen tijdens het spelen. Het gezondheidseffect treedt op bij ieder gehalte aan loodverontreiniging in de bodem, ook bij gehalten onder de interventiewaarde uit de Wet bodembescherming. Het RIVM en de GGD adviseren om, op plaatsen waar kinderen in contact kunnen komen met bodemlood, maatregelen te nemen om de blootstelling terug te brengen tot een niveau dat zo laag is als redelijkerwijs mogelijk. De nieuwe inzichten over de risico's roepen de vraag op wat, vanuit maatschappelijk oogpunt, de beste manier is om het risico van diffuse loodverontreiniging te beheersen.

In deze studie zijn de maatschappelijke kosten en baten geanalyseerd van maatregelen om de risico's van (diffuse) loodverontreiniging in de bodem te beheersen. Deze maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) kan bijvoorbeeld gebruikt worden bij het formuleren van een gemeentelijk beleidskader voor het beheer van wijken met een diffuse loodverontreiniging. Een MKBA is een hulpmiddel voor het identificeren en afwegen van concrete maatregelenpakketten om gezondheidseffecten bij bewoners te beperken.

Uitgangssituaties en beheersmaatregelen: projectalternatieven

De maatschappelijke kosten en baten zijn bepaald voor twee typen fictieve woonwijken (een groene en een versteende wijk) met een bepaald loodgehalte in de bodem. Voor die twee woonwijken zijn de effecten van de volgende maatregelen doorgerekend:

- algemene gebruiksadviezen conform aanbevelingen van RIVM (2015) en GGD (2016), onder andere regelmatig handen wassen en zandbak in eigen tuin aanleggen;
- locatiegerichte gebruiksadviezen conform aanbevelingen van RIVM (2015) en GGD (2016), gericht op specifieke doelgroepen en probleemhebbers;
- faciliteren (alleen doorgerekend bij de groene wijk), door het stimuleren van particuliere aanpak van eigen tuinen en het herinrichten van plaatsen waar kinderen spelen;
- functiegericht saneren (alleen doorgerekend bij de versteende wijk), in tuinen, moestuinen en plaatsen waar kinderen spelen.

Per woonwijk hebben we drie beheersmaatregelen doorgerekend (zie Tabel 1).

De kosten van de projectalternatieven zijn investeringskosten en (jaarlijks) terugkerende kosten van maatregelen enerzijds en overlast, onrust, milieuvervuiling bij transport en verwerking van de grond, en verkeersslachtoffers bij het transport van de grond anderzijds. De baten bestaan uit gezondheidswinst: een vermeden verlies van intelligentie dat samenhangt met een door de maatregel verminderde loodblootstelling bij jonge kinderen.

Om de kosten en baten vergelijkbaar te maken, zijn deze zoveel mogelijk in euro's uitgedrukt.

Resultaten

Tabel 1 laat zien dat de baten van alle maatregelen opwegen tegen de kosten. Dat betekent dat de kosten van de maatregelen lager zijn dan de kosten van het intelligentieverlies dat zou hebben plaatsgevonden zonder maatregelen. We gaan ervan uit dat de negatieve welvaartseffecten van overlast en onrust in het niet vallen tegenover dit positieve saldo. De overlast is namelijk tijdelijk, terwijl de baten zich uitstrekken over meerdere generaties. Voor onrust geldt dat die afneemt op het moment dat maatregelen genomen worden.

De maatregelen saneren of faciliteren hebben in absolute zin het hoogste saldo. Als we kijken naar de verhouding tussen baten en kosten, dan zien we dat beide typen gebruiksadviezen het meest kosteneffectief zijn.

Tabel 1 Projectalternatieven en resultaten, wijk ter grootte van 25 ha, 3 kinderen/ha

Uitgangssituatie	Maatregel	Kosten	Baten	MKBA-resultaat	Verhouding baten/kosten*
		1.000 € ₂₀₁₆ , gedisconteerd			
Versteende wijk met 865 mg/kg bodemlood	Algemene gebruiksadviezen	8 plus PM	1.754	1.746 minus PM	≈220
	Locatiegerichte gebruiksadviezen	30 plus PM	12.460	12.430 minus PM	≈414
	Functiegericht saneren	7.079 plus PM	55.175	48.096 minus PM	≈8
Groene wijk met 370 mg/kg bodemlood	Algemene gebruiksadviezen	8 plus PM	6.204	6.196 minus PM	≈779
	Locatiegerichte gebruiksadviezen	30 plus PM	15.527	15.496 minus PM	≈515
	Faciliteren	415 plus PM	26.885	26.469 minus PM	≈65

Toelichting: Plus/minus PM staat voor de waardering van het welvaartsverlies vanwege overlast en onrust die wordt veroorzaakt door de maatregelen. Die moet worden opgeteld (plus), dan wel worden afgetrokken (minus).

* In de verhouding baten/kosten is de waardering van onrust en overlast niet meegewogen. Daarom wordt het teken "≈" gebruikt. Dit staat voor: bij benadering.

Gebruik van de MKBA bij beleidsvorming

De MKBA kan gebruikt worden bij het maken van een afweging voor het al dan niet nemen van beheersmaatregelen. Daarbij zijn de volgende aspecten uit deze studie van belang:

- Alle geanalyseerde maatregelen om het risico van bodemlood te beheersen hebben een maatschappelijk positief saldo. De maatregelen lonen dus vanuit maatschappelijk perspectief. In absolute zin hebben de maatregelen faciliteren en saneren het grootste saldo. De baten/kosten verhouding is het meest gunstig voor de gebruiksadviezen. Er is dus een maatschappelijke voorkeur voor gericht saneren of faciliteren, maar daar waar financieringsmogelijkheden voor de duurdere maatregelen beperkt zijn, kunnen gebruiksadviezen worden gegeven. Hierbij geldt dat locatiegerichte gebruiksadviezen in vrijwel alle gevallen een groter positief effect op de welvaart hebben dan algemene gebruiksadviezen, van de gebruiksadviezen hebben locatiegerichte gebruiksadviezen dus de voorkeur. Wel geven we aan dat om permanente effecten te realiseren, gebruiksadviezen en communicatie een structureel karakter moeten hebben. Gemeenten kunnen dus niet volstaan met het geven van een eenmalig advies aan bewoners.

- De kosten gaan voor de baten uit. De kosten van de maatregelen saneren en faciliteren worden grotendeels gedragen door de gemeente en haar inwoners, terwijl een groot deel van de baten toekomt aan toekomstige generaties. Voor de gebruiksadviezen zijn de kosten en baten gelijk verdeeld over generaties.
- De belangrijkste factor die het maatschappelijk saldo beïnvloedt, is het aantal kinderen dat woont in een wijk. Gebruiksadviezen lonen vrijwel altijd. Faciliteren en saneren lonen alleen in kinderrijke wijken (saneren: meer dan circa 1 jong kind per hectare, faciliteren: meer dan circa 0,3 jong kind per hectare; bij de gehanteerde uitgangspunten) of op plekken waar veel kinderen spelen.
- Uit de studie blijkt dat het maatschappelijk saldo van maatregelen niet hoeft toe te nemen bij een toenemend loodgehalte. Sterker: het maatschappelijk saldo van dezelfde maatregel bij een lager gehalte kan groter zijn dan bij een hoger gehalte. Dat komt doordat in een meer vervuilde omgeving de blootstelling weliswaar groter is, maar daar heeft een toename of afname van de blootstelling relatief een minder sterk effect op het IQ. In een schonere omgeving (waarbij kinderen minder blootgesteld zijn aan lood) heeft een toename of afname van de blootstelling een relatief sterk effect op het IQ. Daardoor lonen maatregelen ook in wijken met lagere loodgehaltes. Indien men wel weet dat er lood in de grond aanwezig is, maar niet precies hoeveel, verdient het aanbeveling om een start te maken met het uitvoeren van één of meerdere beheersmaatregelen in plaats van een (lang) onderzoekstraject af te wachten naar de precieze loodgehalten. Bij de door ons gehanteerde uitgangspunten (bodemgebruik en aantal kinderen/ha) lonen maatregelen zowel bij lage als bij hoge loodgehalten.
- We hebben de effectiviteit van de beheersmaatregelen ingeschat met *expert judgement*, omdat hiervoor geen wetenschappelijk onderzoek bekend is. Ook bij de meest conservatieve aannames blijft het maatschappelijk saldo positief.
- We hebben de kosten van beheersmaatregelen ingeschat op basis van ervaringsgetallen. Ook bij de meest conservatieve aannames blijft het maatschappelijk saldo positief.
- Een groot deel van het succes van maatregelen hangt af van de medewerking van burgers. Ouders van jonge kinderen moeten de gebruiksadviezen opvolgen (bijvoorbeeld handen wassen, zandbak aanleggen). Tuineigenaren moeten toestemming geven voor een sanering of (bij faciliteren) zelf hun tuin aanpakken. De overheid moet haar communicatie zo inrichten dat ze een maximaal bereik heeft onder deze groep.
- Het grootste deel van de totale blootstelling aan lood binnen een wijk wordt veroorzaakt in tuinen en op plaatsen waar kinderen spelen; maatregelen die daar de blootstelling verminderen hebben daarom het meeste effect. De kosten voor aanpak van plaatsen waar kinderen spelen zijn relatief laag vanwege de beperkte oppervlakte. Gezien de combinatie van hoge blootstelling en lage kosten, hebben de maatregelen saneren en faciliteren op deze locaties een relatief gunstige baten/kostenverhouding.
- Bij het ontwikkelen van beleid voor beheersing van risico's van loodverontreiniging in de bodem, bevelen we aan om gebiedsgericht te denken. Kinderen komen op verschillende locaties in wijken, waardoor het aanpakken van één locatie veel minder effectief is dan het aanpakken van meerdere (gevoelige) locaties in een wijk. Het toepassen van een combinatie van (lichte en zware) beheersmaatregelen is daarbij ook mogelijk.

- De keuze voor de combinatie aan maatregelen hangt af van hoeveel kinderen er wonen in de wijk en de beschikbaarheid van budget. In kinderrijke wijken (zoals bij de analyse in deze MKBA) leveren duurdere maatregelen als saneren en faciliteren de meeste welvaart op. Indien het budget toereikend is, zouden plaatsen waar kinderen spelen en tuinen moeten worden aangepakt door saneren en faciliteren; in wijken met de door ons gehanteerde uitgangspunten ook bij loodgehalten onder de interventiewaarde. Indien budget een belemmering vormt, zouden plaatsen waar kinderen spelen bijvoorbeeld aangepakt kunnen worden via saneren of faciliteren, en tuinen met locatiegerichte gebruikadviezen.
- Over de effectiviteit van zowel algemene als locatiegerichte gebruikadviezen is weinig bekend. Deze onzekerheid reflecteren we in deze MKBA door een grote bandbreedte aan te houden voor de effectiviteit. We bevelen aan om hiernaar meer onderzoek te doen, zeker omdat deze maatregelen in potentie een grote baten/kostenverhouding hebben.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Als gevolg van jarenlang menselijk handelen komt op veel plaatsen diffuse bodemverontreiniging voor met verschillende stoffen waaronder lood, in zowel lagere als hogere gehalten. Hogere loodgehalten bevinden zich vooral in woongebieden, waarbij zo'n 40% van alle meetgegevens een (ruime) overschrijding van de landelijke achtergrondwaarde laat zien (CSO, 2011). Uit recent onderzoek van de EFSA (European Food Safety Authority) blijkt dat blootstelling aan lood, ook bij lagere gehalten, schadelijke effecten heeft op de gezondheid van mensen (EFSA CONTAM, 2010). In de Wet bodembescherming (Circulaire bodemsanering 2013) staat een drempelwaarde voor het loodgehalte in de bodem: de interventiewaarde. Bij overschrijding van de interventiewaarde is er in principe een saneringsplicht.

Het EFSA-rapport laat zien dat ook bij gehalten onder de interventiewaarde sprake is van een gezondheidsrisico, namelijk een neurotoxicologisch effect bij blootstelling op jongere leeftijd. Dat kan leiden tot een verlies aan IQ-punten.

Dit inzicht heeft niet geleid tot bijstelling van de interventiewaarde. Een nieuwe interventiewaarde zou op basis van de nieuwste inzichten ook arbitrair zijn: er is geen wetenschappelijk onderbouwde grens waaronder de gezondheidsrisico's niet optreden. In het 'Convenant bodem en ondergrond 2016-2020' hebben de overheden in Nederland afgesproken dat risico's van diffuse verontreinigingen zoals lood, zoveel mogelijk beheerst worden via gebruiksmaatregelen. Sanering vindt plaats op natuurlijke momenten, bijvoorbeeld bij herontwikkeling, functiewijziging, etc. Dit is in lijn met het advies van het RIVM om de blootstelling aan lood tot een zo laag mogelijk niveau terug te brengen.

De nieuwe inzichten over de risico's (bij lage en hoge gehalten) roepen de vraag op wat, vanuit maatschappelijk oogpunt, manieren zijn om het risico van diffuse loodverontreiniging te beheersen. Deze maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) is een hulpmiddel om die vraag te beantwoorden. Hij kan bijvoorbeeld gebruikt worden bij het formuleren van een gemeentelijk beleidskader voor het beheer van wijken met een diffuse loodverontreiniging.

1.2 Centrale vraag

De centrale vraag van deze MKBA luidt:
Hoe groot zijn de maatschappelijke kosten en baten van verschillende alternatieven die erop gericht zijn om de risico's met betrekking tot diffuse loodverontreiniging te beheersen?

1.3 Wat is een MKBA?

In de werkwijzer voor MKBA's op het gebied van milieu (CE Delft, te verschijnen) wordt de rol van de MKBA bij beleidsvorming als volgt omschreven: "Een MKBA is een informatie-instrument (ten behoeve van een afweging, red.) dat het beleidsproces en de politieke besluitvorming over een maatregel of beleidsalternatief ondersteunt. Door zoveel mogelijk effecten van een maatregel in geld uit te drukken worden deze onderling vergelijkbaar en wordt het mogelijk overzichtelijke informatie te bieden voor een afweging tussen de voor- en nadelen van de maatregel (CPB; PBL, 2013)." Zie voor een gedetailleerdere beschrijving Box 1.

Box 1 Kernpunten van een MKBA volgens de Algemene Leidraad

De Algemene Leidraad (CPB, 2013, p.32 e.v.) vat de kernpunten van een MKBA als volgt samen:

- *'De essentie van een MKBA is dat project- of beleidsalternatieven tegen elkaar kunnen worden afgewogen op basis van de gevolgen voor de welvaart van de samenleving als geheel: de maatschappelijke kosten en baten.'*
- *'Daarbij worden alle relevante voor- en nadelen van een beleidsmaatregel geïdentificeerd en zo goed mogelijk gekwantificeerd. Door deze voor- en nadelen zoveel mogelijk in geld uit te drukken (monetariseren), worden ze onderling vergelijkbaar en kunnen ze worden opgeteld.'*
- *'Zo komt overzichtelijke informatie beschikbaar voor een afweging van de voor- en nadelen van een maatregel. Deze informatie omvat ook de kosten en baten van effecten waarvoor geen marktprijzen bestaan, zoals effecten op het terrein van milieu en veiligheid.'*
- *'Het saldo van baten en kosten bepaalt of een maatregel welvaartsverhogend is of juist niet.'*
- *'Dit saldo omvat ook de kosten en baten van effecten op onderdelen van de maatschappelijke welvaart waarvoor geen marktprijzen bestaan. Denk aan natuur, landschap, veiligheid, cultuurhistorie en sociale cohesie. Door zoveel mogelijk effecten in geld uit te drukken, worden deze onderling vergelijkbaar en kan overzichtelijke informatie worden geboden op basis waarvan een afweging van de voor- en nadelen van een maatregel kan worden gemaakt.'*
- *'Door deze voor- en nadelen zoveel mogelijk te kwantificeren en te waarderen (in euro's uit te drukken), geeft de MKBA inzicht in het effect van de maatregel op de maatschappelijke welvaart, als het saldo van in de euro's gemeten baten minus de kosten.'*

Een MKBA draagt dus bij aan de besluitvorming door informatie te geven, inclusief risico's en onzekerheden, over de welvaartsgevolgen van een bepaalde maatregel. De MKBA hanteert daarbij een *breed welvaartsbegrip* waarbij ook aspecten worden meegenomen die mensen wel van belang vinden, maar die niet op markten worden verhandeld. De welvaartsgevolgen laten zich in een MKBA vertalen naar kosten en baten en omvatten alle maatschappelijke kosten en baten die met een project of maatregel kunnen worden verwacht, inclusief de niet direct monetair waarneembare baten en kosten, zoals gezondheidsschade door verontreiniging van de leefomgeving. Om de maatschappelijke kosten en baten van projecten goed te kunnen vergelijken, worden ze zoveel mogelijk in euro's uitgedrukt. Het saldo van de maatschappelijke baten en kosten bepaalt hoeveel een maatregel de welvaart verhoogt of juist verlaagt.

1.4 Scope

In deze studie wordt zo dicht mogelijk aangesloten bij de praktijk van gemeenten en provincies (het bevoegd gezag om maatregelen te nemen), waarbij het uitgangspunt wel is dat de typen maatregelen toepasbaar zijn voor meerdere gemeenten. Een complexiteit daarbij is dat de situatie tussen gemeenten en binnen gemeenten (tussen wijken) sterk verschilt als het gaat om bijvoorbeeld het type bebouwing, de hoeveelheid inwoners, en het loodgehalte in de grond. Iedere provincie, gemeente en wijk kent zijn eigen specifieke problematiek.

Binnen deze studie hebben we een balans gezocht tussen enerzijds een gedetailleerde beschrijving van bijvoorbeeld het type bewoond gebied, het gehalte lood in de bodem en bijpassende maatregelen die de overheid kan nemen, en anderzijds een meer globale beschrijving zodat die op meerdere praktijksituaties van toepassing is. Daarmee geeft deze MKBA inzicht in de maatschappelijke kosten en baten van verschillende maatregelen in een aantal standaardsituaties. Deze MKBA geeft geen finaal, sluitend antwoord op de vraag welke maatregel het bevoegd gezag in welke specifieke situatie vanuit maatschappelijk oogpunt zou moeten nemen. In Hoofdstuk 10 gaan we nader in op hoe gemeenten en provincies de uitkomsten kunnen vertalen naar hun eigen praktijk.

We analyseren de maatschappelijke kosten en baten voornamelijk op basis van een berekening van het (vermeden) IQ-verlies voor een gemiddeld kind op wijkniveau. De resultaten zijn gemiddelden die geldig zijn op het niveau van de totale populatie en dus niet te herleiden zijn naar een individueel kind. Voor ieder individueel kind zal in een gegeven situatie (gedrag, lood-verontreiniging, eten uit de tuin) de blootstelling en daarmee het effect op het IQ anders zijn.

Het effect van de maatregelen geldt op de schaal van Nederland. Dat betekent dat we ook de baten van gezondheidseffecten meenemen die buiten de grens van de betreffende gemeente of provincie vallen (bijvoorbeeld mensen die daarbuiten wonen en/of werken).

Uitgesloten van de studie zijn de gevolgeffecten van eventueel gewijzigd gemeentelijk grondbeleid (zie Box 2).

Veranderingen van IQ worden ook door andere factoren dan lood beïnvloed. Deze andere factoren vallen buiten de scope van deze studie.

Box 2 Grondverzet geen onderdeel van de MKBA

Als gevolg van lokale beleidskeuzes kunnen de normen voor het toepassen van grond naar beneden worden bijgesteld, bijvoorbeeld door het toepassen van schone grond bij woonfuncties. Dit kan grote effecten hebben op het lokale grondverzet, omdat grote hoeveelheden licht verontreinigde grond niet meer in de buurt kunnen worden toegepast. Deze grond zal moeten worden vervoerd voor verwerking elders. Het financiële effect op de lokale grondstromenbalans (aankoop en verkoop van grond, extra transport) en het gezondheidseffect (vrachtwagenbewegingen: luchtkwaliteit, verkeersveiligheid) valt buiten de scope van deze studie.

1.5 Leeswijzer

Het hierna volgende hoofdstuk gaat in op de methodiek van deze MKBA.

In Hoofdstuk 3 en 4 beschrijven we respectievelijk het nulalternatief en de projectalternatieven. Van die projectalternatieven berekenen we de maatschappelijke kosten en baten in Hoofdstuk 5 tot en met Hoofdstuk 8.

Hoofdstuk 9 bevat de gevoeligheidsanalyse, waarin we ook aangeven op welke wijze u de resultaten van de gestandaardiseerde situaties uit deze MKBA kunt vertalen naar uw eigen specifieke situatie. Dat doen we door variaties door te rekenen in het aantal kinderen dat woont in het gebied (Paragraaf 9.4), de mate van loodverontreiniging in het gebied (Paragraaf 9.2) en de kosten van maatregelen (Paragraaf 9.5).

In Hoofdstuk 10 behandelen we een aantal conclusies voor beleidsmakers.

De bijlagen gaan in op verschillende details van de analyse, zoals de onderbouwing van de effectiviteit van maatregelen en de hoeveelheid grondingestie van de verschillende projectalternatieven.

2 Aanpak

2.1 Aanpak in vogelvlucht

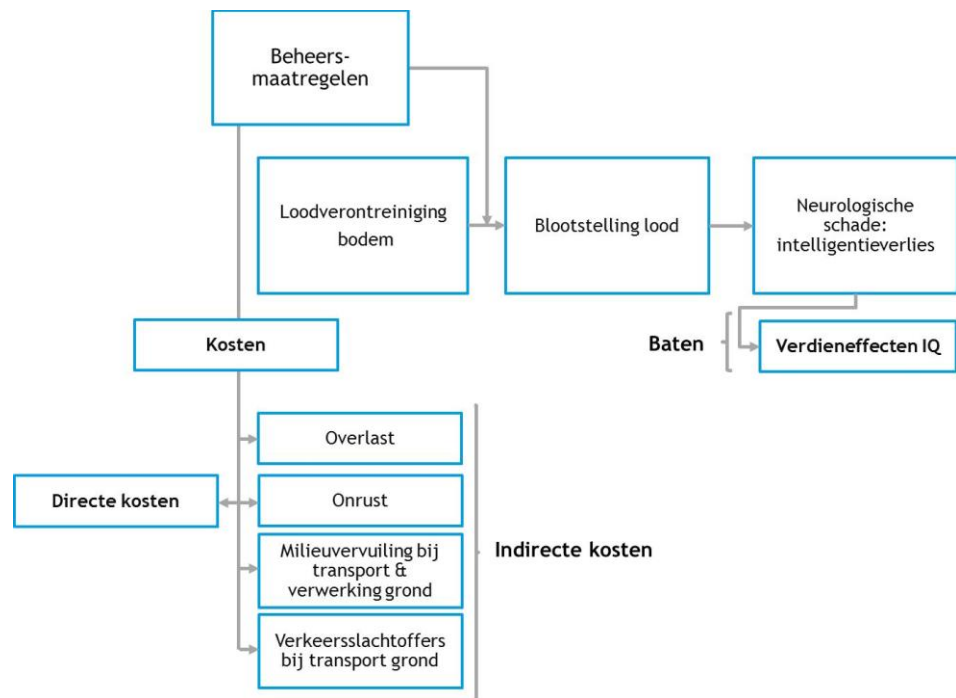
In deze studie zijn de maatschappelijke kosten en baten van een aantal projectalternatieven bepaald ten opzichte van het nulalternatief. Het nulalternatief is het meest waarschijnlijke scenario in het geval er geen extra maatregelen¹ worden genomen om de loodproblematiek te beheersen. We gaan in het nulalternatief uit van verschillende fictieve maar realistische situaties die kunnen voorkomen in een gemeente met als variabelen het type bewoond gebied (versteend of groen), verschillende bodemgebruiksfuncties waar blootstelling aan lood voorkomt, en een gehalte aan bodemlood. Per projectalternatief wordt een maatregel uitgevoerd om de loodproblematiek te beheersen en worden de overige omstandigheden uit het nulalternatief constant gehouden.

Om tot een keuze voor de projectalternatieven te komen, is om te beginnen een groslijst van projectalternatieven opgesteld. Daarna zijn telefonische interviews afgenomen met tien vertegenwoordigers van gemeenten, provincies, GGD en RIVM. Daarin is besproken in welke mate de voorgelegde projectalternatieven aansluiten bij de praktijk van het bevoegd gezag en in welke mate ze onderscheidend zijn. Op basis van die input is een keuze gemaakt voor de projectalternatieven die in deze analyse zijn meegenomen.

Voor het bepalen van de maatschappelijke kosten en baten van de projectalternatieven, is het onderstaand conceptuele model gehanteerd (zie Figuur 1). De relaties in het model zijn gekwantificeerd (zie Box 3).

¹ Strikt genomen is het nulalternatief het 'beleidsarme' scenario. Dat betekent dat maatregelen gebaseerd op het huidige beleid wel worden meegenomen in het nulalternatief, maar aanvullende maatregelen niet.

Figuur 1 Model bepalen maatschappelijke kosten en baten



We lichten het model hieronder toe:

- In wijken waar de bodem verontreinigd is met lood kunnen kleine kinderen lood binnen krijgen als zij gronddeeltjes inslikken tijdens het spelen in de tuin of op kinderspeelplaatsen. Dit leidt tot een verhoogde loodconcentratie in het bloed bij die kinderen. Het gevolg hiervan is neurologische schade wat leidt tot een IQ-verlies². De gevoelige groep voor dit effect betreft kinderen tot zes jaar oud.
- Beheersmaatregelen leiden tot een verminderde blootstelling aan lood, daarmee tot minder neurologische schade en minder IQ-verlies. Het IQ-verlies per kind vermenigvuldigen we met een prognose van het aantal geboorten nadat de maatregel is genomen. Daarmee berekenen we het totaal verlies aan IQ-punten dat door de maatregel wordt voorkomen. Dit totaal vermeden verlies aan IQ-punten waarderen we met een bedrag in euro's (mensen met een hoger IQ verdienen meer volgens wetenschappelijke studies, zie Bijlage H), en noemen we de baten van de maatregelen. De baten in deze studie zijn dus feitelijk geen opbrengsten maar vermeden kosten.
- De maatschappelijke kosten van een projectalternatief bestaan uit directe en indirecte kosten. De directe kosten zijn de kosten die gemaakt worden om de maatregelen te realiseren (financieel en inspanning). De indirecte kosten zijn overlast, onrust, uitstoot van schadelijke stoffen bij transport en verwerking van grond en verkeersslachtoffers bij het transport van grond.

² Naast het risico op neurologische schade bij kinderen, zijn er andere gezondheidsrisico's. De EFSA CONTAM(2010) en het RIVM geven echter aan dat bij de huidige loodblootstelling in Europa het risico voor effecten op hart & vaten en nieren van volwassenen laag tot verwaarloosbaar is. Echter, voor baby's, kinderen en ongeborenen is er een niet te verwaarlozen effect op de ontwikkeling van het zenuwstelsel, wat leidt tot een verlies aan intelligentie. Dat effect nemen we mee in deze studie.

We hebben de relaties in het model gekwantificeerd op basis van literatuur van onder andere het RIVM, de GGD en een aanzienlijk aantal andere wetenschappelijke bronnen. Wanneer informatie uit deze bronnen ontoereikend was, hebben we de relaties gekwantificeerd op basis de input van stakeholders en experts.

We rekenen kosten en baten zoveel mogelijk om in euro's. Voor ieder projectalternatief kunnen we de baten in euro's goed vergelijken met de kosten van de maatregelen. We kunnen het MKBA-saldo van de projectalternatieven uitrekenen door de baten te verminderen met de kosten.

Nadat het MKBA-saldo van verschillende projectalternatieven bekend is, zijn ze onderling vergelijkbaar. Deze vergelijking van kosten en baten per projectalternatief en beheersmaatregel is het resultaat van onze studie (Hoofdstuk 8).

2.2 Gebruik van risicomodellen in een MKBA

In verschillende stappen die nodig zijn om te bepalen wat het (verminderde) IQ-verlies is als gevolg van blootstelling aan loodverontreiniging in de bodem, worden risicomodellen gebruikt. Deze modellen (bijvoorbeeld Sanscrit) zijn ontwikkeld om te voorspellen of in een bepaalde situatie aan een bepaalde norm wordt voldaan, bijvoorbeeld een blootstellingsnorm zoals het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) van lood. In de risicomodellen is het uitgangspunt dat een zeer klein of verwaarloosbaar aantal individuen mag worden blootgesteld aan hogere gehalten dan de norm. Om deze zekerheid te waarborgen wordt binnen dit soort modellen gewerkt met bijvoorbeeld 95- of 80-percentielwaarden van verschillende parameters.

In het kader van deze MKBA zijn we niet geïnteresseerd in de blootstellings- en gezondheidseffecten waar slechts een klein gedeelte van de populatie boven zit, maar in een schatting van het gemiddelde gezondheidseffect (en de daarvan afgeleide gemonetariseerde baten) voor de populatie. In deze MKBA is daarom zoveel mogelijk gerekend met 50-percentielwaarden (de mediaan) of het gemiddelde van de verschillende parameters³. We sluiten met het gebruik van P-50-parameters aan bij de eerder uitgevoerde MKBA van de Nederlandse bodemsaneringsoperatie (MNP, 2007).

Dat betekent dat de in het kader van deze MKBA berekende blootstellings- en gezondheidseffecten niet één-op-één kunnen worden gebruikt in een individuele situatie waar getoetst wordt aan het behalen van een norm (zoals het MTR). Ze kunnen wel worden geïnterpreteerd als het gemiddelde effect voor een gemiddeld kind in een wijk.

Het te verwachten effect voor de gehele populatie is in deze MKBA dan berekend als gemiddeld effect voor een gemiddeld kind, vermenigvuldigd met het aantal kinderen in de populatie.

³ In het ideale geval zouden de kansverdelingen van de verschillende modelparameters bekend zijn en zou een Monte-Carlosimulatie kunnen worden gedaan voor het voorspellen van effecten op populatieniveau. Die verdeling is echter niet bekend.

2.3 Mee te nemen effecten

In Tabel 2 staan de effecten die in deze MKBA in beeld worden gebracht.

Tabel 2 Mee te nemen effecten

Type effect	Effect	Waardering
Baten	Vermeden IQ-verlies	€
Directe kosten	Investeringskosten	€
	Jaarlijkse kosten	€
Indirecte kosten	Overlast	Kwalitatief
	Onrust	Kwalitatief
	Milieuvervuiling vanwege aan-, afvoer & verwerking grond	€
	Verkeersslachtoffers vanwege transport bij aan- en afvoer grond	€

Indeling effecten

We onderscheiden baten, directe kosten en indirecte kosten. De baten van de maatregelen bestaan uit vermeden IQ-verlies en strekken zich uit over huidige en toekomstige generaties. De directe kosten zijn de kosten voor realisatie van de maatregelen. Ze bestaan uit investeringskosten en jaarlijkse kosten. De investeringen vinden afhankelijk van de maatregel direct plaats of verspreid over een periode tot 2018. Jaarlijkse kosten zijn kosten die terugkomen gedurende de termijn dat de beheersmaatregel bestaat. De indirecte kosten zijn overlast, onrust, milieuverontreiniging en verkeersslachtoffers die zijn gerelateerd aan de maatregelen. We gaan ervan uit dat deze effecten zich voordoen tijdens de investeringsfase (zie verderop in deze studie), met uitzondering van de onrust.

Duur effecten

In deze MKBA wordt gerekend met een oneindige tijdshorizon. Dat brengen we in de praktijk door met een tijdshorizon van 250 jaar te rekenen.⁴ Effecten die in de toekomst vallen, worden omgerekend zodat ze vergelijkbaar zijn met effecten die in 2017 vallen. Dat betekent dat we alle effecten disconteren met een discontovoet van 3% (zie Box 4 voor een uitleg over de discontovoet en Bijlage J voor een toelichting op de keuze van de hoogte van de discontovoet).

⁴ In overeenstemming met de Werkwijzer voor MKBA's in het milieubeleid (CE Delft, te verschijnen) hanteren we een oneindige tijdshorizon. Indien een tijdshorizon van bijvoorbeeld 30 jaar gehanteerd zou worden, worden de baten ongeveer drie keer zo laag.

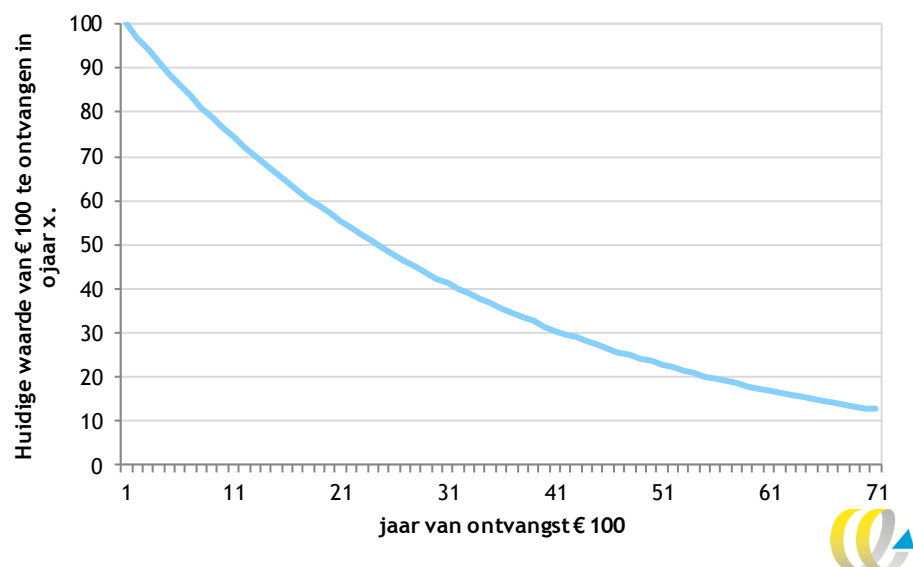
In een MKBA wordt rekening gehouden met tijdsvoorkeuren van mensen. Als mensen 100 euro krijgen en ze morgen kiezen of ze dat nu willen krijgen of over vijf jaar, dan kiezen ze er meestal voor om het nu te krijgen. Dat betekent dat de meeste mensen 100 euro nu meer waarderen dan 100 euro in de toekomst. Met andere woorden: de waarde die mensen toekennen aan het bedrag nu is groter dan aan hetzelfde bedrag in de toekomst. Die tijdsvoorkeur wordt uitgedrukt in een discontovoet: een percentage waarmee bedragen in de toekomst worden omgerekend naar hun huidige waarde.

Rekenvoorbeeld:

In onze MKBA is de discontovoet 3%. Dat wordt op de volgende wijze verrekend (zie tabel):

Gegeven	€ 100 nu	€ 100 over 5 jaar
Baat (€)	100	100
Tijdstip inning	nu	over 5 jaar
Discontovoet	3%	3%
Disconteren met (delen door)	$1,03^0=1$	$1,03^5 = 1,16$
Huidige waarde (€)	$100/1=100$	$100/1,16=86,21$

In de volgende figuur staat de waarde van 100 euro als dat wordt ontvangen in een bepaald jaar, met een discontovoet van 3%. We zien dat 100 euro over 50 jaar ongeveer de waarde heeft van 23 euro nu.



Waardering effecten

De directe kosten en de baten waarderen we kwantitatief. Onrust en overlast waarderen we kwalitatief vanwege een gebrek aan literatuur op basis waarvan we een kwantitatieve waardering kunnen maken. De milieuvervuiling vanwege maatregelen en de verkeersslachtoffers waarderen we kwantitatief. Kwantitatieve waardering is gegeven in euro's in het jaar 2016 (€₂₀₁₆).

2.4 Toekomstonzekerheid

De waarde van het door maatregelen voorkomen intelligentieverlies wordt berekend door het IQ-verlies per kind dat nu en in de toekomst minder wordt blootgesteld te waarderen via het inkomensverlies dat samenhangt met IQ-verlies. Bij deze berekening maken we gebruik van toekomstprognoses voor het aantal geboorten per jaar en de groei van het inkomen. We hanteren hiervoor de WLO-scenario's (CPB ; PBL, 2015b), zie volgende tekstbox.

Box 5 De WLO-scenario's

De scenario's voor de ontwikkeling van welvaart & leefomgeving (WLO-scenario's) zijn ontwikkeld door het CPB en PBL (2015). Ze zijn bedoeld als onzekerheidsverkenning om te bezien of de gevonden resultaten in de MKBA robuust zijn voor onzekerheid in de toekomst, bijvoorbeeld over de het aantal kinderen dat wordt geboren of over de groei van het inkomen.

De WLO-scenario's komen op twee punten terug in deze MKBA:

- we laten het aantal kinderen dat wordt blootgesteld meegroeien op basis van de prognoses voor de groei van de bevolking uit de WLO-scenario's;
- we laten de waardering via verdieneffecten van een vermeden verlies van een IQ-punt in een toekomstig jaar stijgen met de groei van arbeidsproductiviteit uit de WLO-scenario's.

De WLO onderscheidt twee scenario's: WLO laag en WLO hoog. In de hoofdanalyse rekenen we met het scenario WLO hoog. In de gevoeligheidsanalyse laten we zien dat onze resultaten niet omslaan als de groei van de arbeidsproductiviteit en bevolking lager uitpakt. We geven hieronder weer welke waarden voor de parameters we hebben meegenomen in de MKBA.

Tabel 3 Jaarlijkse groei arbeidsproductiviteit, WLO-scenario's

	2015-2030	2030-2050	2050 - ∞
WLO Hoog	1,8%	1,6%	1,6%
WLO Laag	1,5%	1,2%	1,2%

Bron: www.wlo2015.nl.

Tabel 4 Jaarlijkse groei geboorten, volgens WLO-scenario's

	2015-2030	2030-2050	2050 - ∞
WLO Hoog	0,4%	0,2%	0,2%
WLO Laag	-0,3%	-0,4%	-0,3%

Bron: Berekeningen CE Delft op basis CPB & PBL (2015b).

3 Beschrijving nulalternatief

3.1 Inleiding

In deze paragraaf beschrijven we het nulalternatief. Het nulalternatief bestaat uit een combinatie van algemene en gebiedsspecifieke uitgangspunten. Algemene uitgangspunten zijn het huidige beleid, de grootte van het te beschouwen gebied en het aantal kinderen in het te beschouwen gebied. Gebiedsspecifieke uitgangspunten zijn het loodgehalte in de bodem en het type bewoond gebied.

3.2 Uitgangspunten huidig beleid

De mens wordt al eeuwenlang blootgesteld aan lood. De blootstelling is de laatste decennia flink verminderd door het gebruik van loodvrije benzine en verf die minder lood bevat en door loden drinkwaterleidingen grotendeels te vervangen. We gaan er in deze MKBA van uit dat er in het nulalternatief geen beleid wordt gevoerd om de risico's van diffuse loodverontreiniging (verder) te verminderen. We doen die aanname ondanks de afspraken in artikel 7 van het Convenant bodem en ondergrond 2016-2020. Eén van de afspraken luidt dat gemeenten en provincies (zijnde bevoegde gezagen voor de Wet bodem-bescherming) helderheid moeten laten bestaan over gebruiksadviezen in gebieden met diffuse bodemverontreiniging met *onaanvaardbare* humane risico's. In een groot deel van Nederland zijn namelijk geen *onaanvaardbare* risico's als gevolg van bodemlood, omdat de lokale problematiek niet ernstig genoeg is (loodgehalten liggen veelal onder de interventiewaarde). Er zijn in de praktijk derhalve relatief weinig gemeenten en provincies die gebruiksadviezen verstrekken of anderszins beheersmaatregelen nemen.

Een andere afspraak in het convenant is dat gemeenten en provincies aansluiten bij 'natuurlijke momenten' om risico's van bodemlood definitief weg te nemen (lees: saneren). Een natuurlijk moment is bijvoorbeeld de herontwikkeling van een gebied. Echter, herontwikkeling van (complete) woonwijken vindt niet vaak plaats. Meestal bestaan binnenstedelijke herontwikkelingen uit het omvormen van bedrijventerrein naar woningen.

De geografische scope van onze analyse is een bestaande woonwijk van 500 * 500 meter (zie ook paragraaf 3.3). We gaan er ervan uit dat in het overgrote deel van deze bestaande woonwijken er in de komende 100 jaar⁵ geen herontwikkeling plaatsvindt; we werken daarom met het uitgangspunt dat er in het te analyseren gebied *geen* herontwikkeling plaatsvindt⁶.

⁵ We beperken de zichthorizont van de MKBA hier tot 100 jaar. De foutenmarge die we hiermee introduceren heeft een bovengrens van circa 2,5%. We baseren dat op de volgende redenering: de cumulatieve gediscoteerde waarde van effecten die vallen tussen jaar 100 en jaar 250 is 5% van de cumulatieve gediscoteerde waarde van effecten die vallen tussen jaar 0 en jaar 250. Stel dat over 100 jaar de helft van het gebied op natuurlijke wijze wordt gesaneerd. Dan hebben we de effecten in 50% van de wijk met 5% overschat. Dat komt neer op een overschatting van circa 2,5%. Indien een kleiner aandeel dan.

⁶ Het alternatief zou zijn om arbitraire aannames te doen over het tijdstip en de schaal van sanering op natuurlijke momenten in woonwijken in een periode tussen 100 en 250 jaar vooruit.

De helft wordt gesaneerd, dan zou ook de overschatting kleiner zijn (bijvoorbeeld: 10% gesaneerd over 100 jaar, betekent overschatting circa 0,5%).

De resultaten van onze MKBA worden minder gunstig indien er toch herontwikkeling plaatsvindt. Daarbij geldt dat herontwikkeling die verder weg in de tijd plaatsvindt een kleinere invloed heeft op het MKBA-saldo dan herontwikkeling die spoedig plaatsvindt, omdat kosten en baten die verder in de toekomst vallen minder zwaar worden meegewogen in een MKBA (zie paragraaf 2.4).

3.3 Grootte te beschouwen gebied

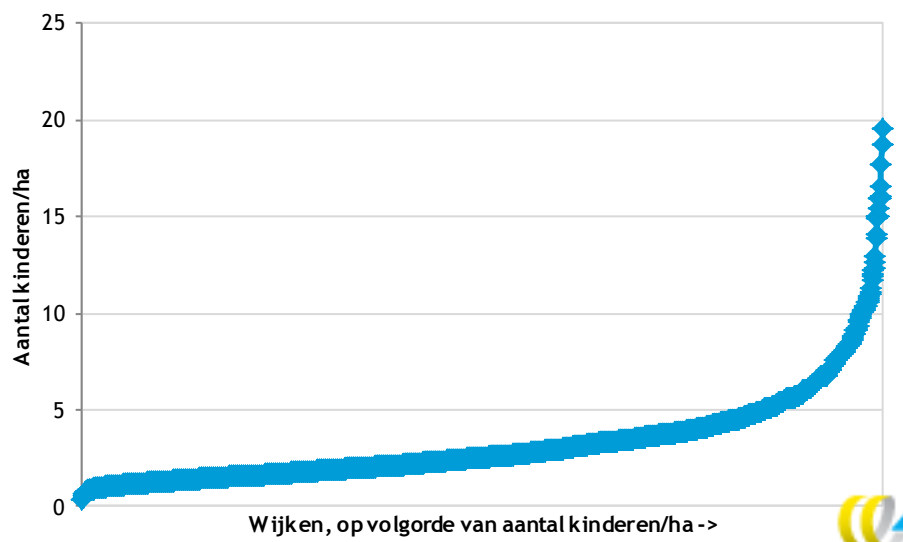
We hanteren in de analyse een bestaande wijk met een gebiedsgrootte van 25 hectare. Dit komt overeen met een gebied van 500 * 500 meter. De schaal is ongeveer de grootte van een buurt: het midden tussen de grootte van een stadswijk en de grootte van een individuele straat. Deze schaalgrootte is gekozen omdat in een dergelijke wijk alle relevante bodemgebruiksfuncties aanwezig zijn en het loodgehalte in orde grootte redelijk vergelijkbaar is. Het doorrekenen van een kleiner gebied leidt tot te veel locatiespecifieke uitkomsten waar andere gemeenten en provincies zich niet in kunnen herkennen. Het doorrekenen van een groter gebied leidt tot een minder uitgesproken resultaat omdat de belangrijkste variabelen (loodgehalte, type bewoond gebied, oppervlaktes van gebruiksfuncties) zich dan gaan uitmiddelen.

3.4 Aantal kinderen in het te beschouwen gebied

We gaan in de analyse uit van een bewoond gebied met 3 kinderen per hectare in de leeftijd van 0 tot en met 6 jaar. Het gaat dan om een redelijk kinderrijke wijk, die toch veel voorkomt in Nederland. Het gemiddeld aantal kinderen/ha in Nederlandse woonwijken ligt op 2,3. Er zijn woonwijken met minder, maar ook woonwijken met aanzienlijk meer kinderen per hectare (zie Figuur 2). Voorbeelden van wijken met drie kinderen per hectare zijn te vinden in de grote steden (bijvoorbeeld in Rotterdam: Schiebroek, Kleinpolder; of in Eindhoven: Drents Dorp, Genderdal), maar ook in kleinere steden en dorpen (bijvoorbeeld in Lingewaard: Zilverkamp; in Heerenveen: De Greiden; in Voorschoten: Bijdorp⁷).

⁷ We zeggen hiermee niets over de aanwezigheid van hoge of lage loodgehalten in de bodem, wel over het aantal kinderen per hectare.

Figuur 2 Aantal kinderen/ha (0-6) in Nederlandse woonwijken



Toelichting: Aantal kinderen (0-6 jaar oud) per hectare voor wijken met minstens 10 huishoudens per hectare. Het gemiddeld aantal kinderen/ha ligt op 2,3.

Bron: Berekening CE Delft op basis gegevens CBS.

3.5 Loodgehalte in de bodem

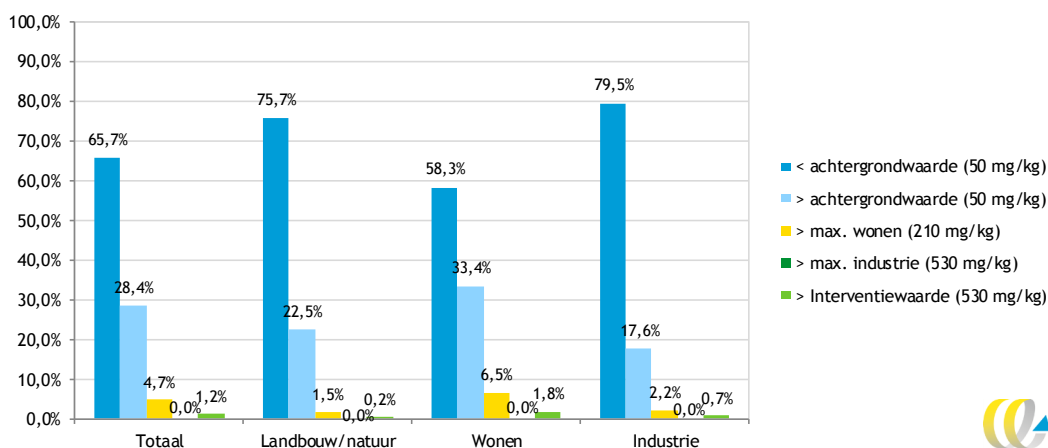
We werken met een aantal categorieën loodgehalte in de bodem (zie Tabel 5). De grenzen van de categorieën zijn afgestemd op de bodemfunctieklassen die worden onderscheiden in het Besluit bodemkwaliteit en de Circulaire bodemsanering 2013. De waarde van 1.200 mg/kg als grens voor een zeer hoge loodconcentratie is gekozen omdat deze volgens gegevens van het RIVM (bij gebruik van de defaultwaarden in Sanscrit) overeenkomt met een loodconcentratie in bloed van 100 µg/l bij het bodemgebruik 'Plaatsen waar kinderen spelen'. Dit is het dubbele van de loodconcentratie in bloed van 50 µg/l waarop de interventiewaarde is gebaseerd.

Tabel 5 Categorieën loodgehalte voor beschrijving van projectalternatieven

Aanduiding loodgehalte	Loodgehalte (mg/kg) bij standaardbodem	Kwaliteitsklasse
Schoon	<50	Kwaliteitsklasse Natuur en landbouw (AW2000)
Laag	50-210	Kwaliteitsklasse Wonen
Gemiddeld	210-530	Kwaliteitsklasse Industrie
Hoog	530-1.200	Sterk verontreinigt, boven interventiewaarde
Zeer hoog	>1.200	Zeer sterk verontreinigt

Alle genoemde loodgehalten komen voor in Nederland. Op grond van bodemkwaliteitskaarten (CSO, 2011) ligt 1,8% van de loodgehalten in bewoond gebied boven de interventiewaarde en 6,5% boven de Maximale Waarde voor Wonen (Figuur 3). In deze studie rekenen we in het nulalternatief en de projectalternatieven met zowel een lager als een hoger loodgehalte (Tabel 8).

Figuur 3 Voorkomen van loodgehalten in Nederland



Bron: CSO, 2011.

3.6 Type bewoond gebied

Blootstelling aan lood vindt plaats op plekken waar kinderen in contact met grond kunnen komen. Dat zijn alle plekken (bodemgebruiksvormen) waar kinderen op de onverharde bodem kunnen spelen: in de tuin, op een speelplaats in de wijk of bij school en in openbaar groen. De hoogte van de blootstellingsrisico's hangt samen met de mate van aanwezigheid van deze groene bodemgebruiksvormen en de verhardingsgraad ervan en verschilt dus per type bewoond gebied. Bij het type bewoond gebied maken we daarom onderscheid tussen een versteende wijk en een groene wijk. Een versteende wijk is bijvoorbeeld een dichtbebouwd stadscentrum, een oude dichtbebouwde arbeiderswijk of een wijk met veel hoogbouw. Een groene wijk is een ruim opgezette woonwijk of bijvoorbeeld lintbebouwing.

In Bijlage G.2 zijn een aantal (willekeurige) voorbeelden van groene of versteende woonwijken genoemd, met de oppervlaktepercentages aan 'groene' gebruiksfuncties. Figuur 4 bevat luchtfoto's van een aantal groene en versteende wijken. De kenmerken van de door ons gedefinieerde gebieden vindt u in Tabel 6 en Tabel 7. Voor de risicomodellering sluiten we aan bij de bodemgebruiksvormen zoals deze in de risicosystematiek Sanscrit worden gebruikt.

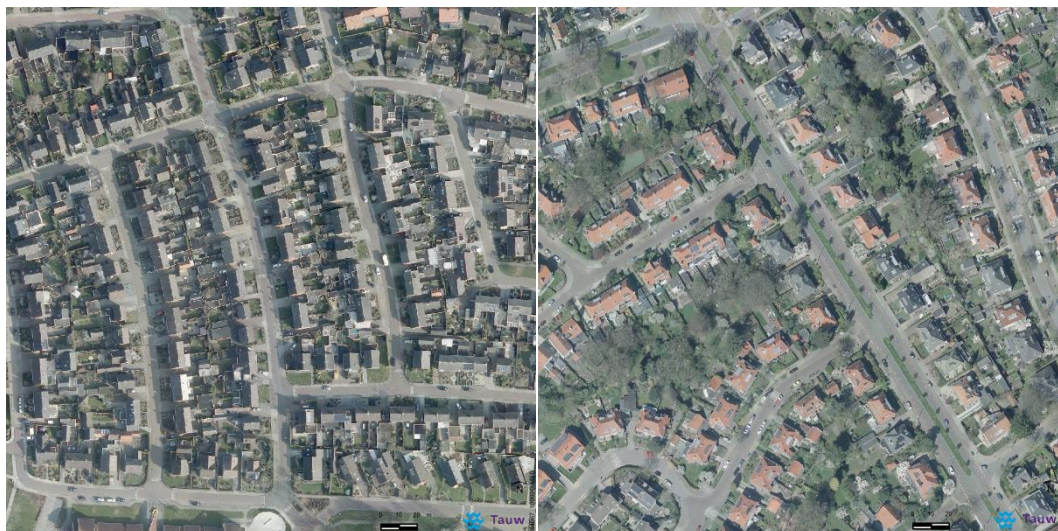
Tabel 6 Kenmerken van type bewoond gebied: versteende wijk

Bodemgebruiksvormen met onbedekte bodem	Geschat ruimtebeslag van onbedekte bodem
Wonen met tuin	2-24%
Plaatsen waar kinderen spelen	0-2%
Wonen met moestuin of volkstuin	<1%
Ander groen	10%
Natuur	<1%
Groen met natuurwaarden	<1%

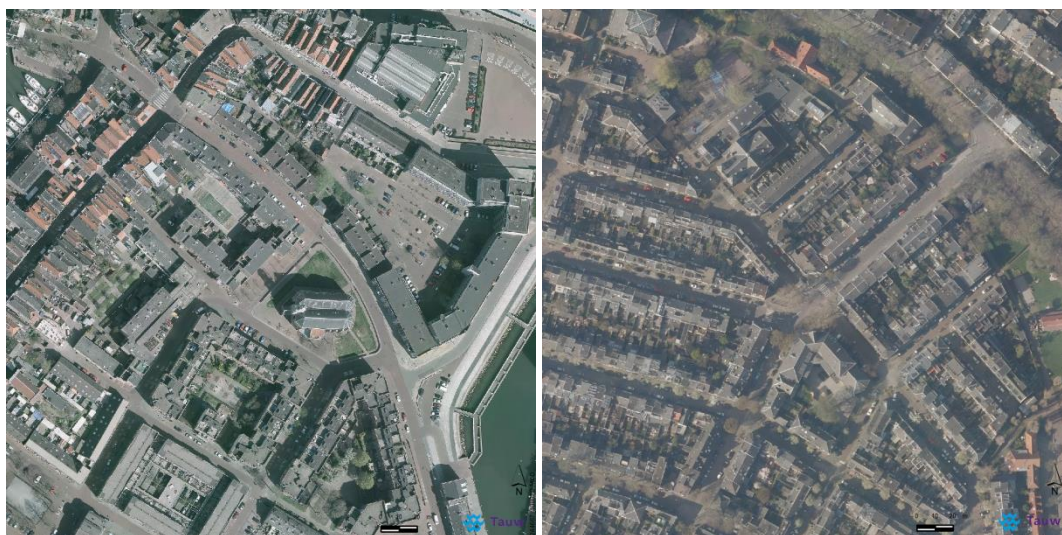
Tabel 7 Kenmerken van type bewoond gebied: groene wijk

Bodemgebruiksvormen met onbedekte bodem	Geschat ruimtebeslag van onbedekte bodem
Wonen met tuin	18-52%
Plaatsen waar kinderen spelen	1-3%
Wonen met moestuin of volkstuin	1-2%
Ander groen	10%
Natuur	<1%
Groen met natuurwaarden	<1%

Figuur 4 Luchtfoto's van versteende en groene wijken, met percentages onbebouwd gebied binnen woonfuncties. De foto's hebben een schaal van 300x300 m



Groene wijken: Links Ootmarsum (25%), rechts Arnhem Sterrenberg (52%).



Versteende wijken: Links Dordrecht Bleijendoek centrum (8%), rechts Utrecht Witte Vrouwen (20%).

3.7 Blootstelling aan lood op gebiedsniveau

Op gebiedsniveau leidt een diffuse bodembelasting tot een grotere blootstelling (aan lood) dan op locatieniveau, omdat een kind zich dagelijks op

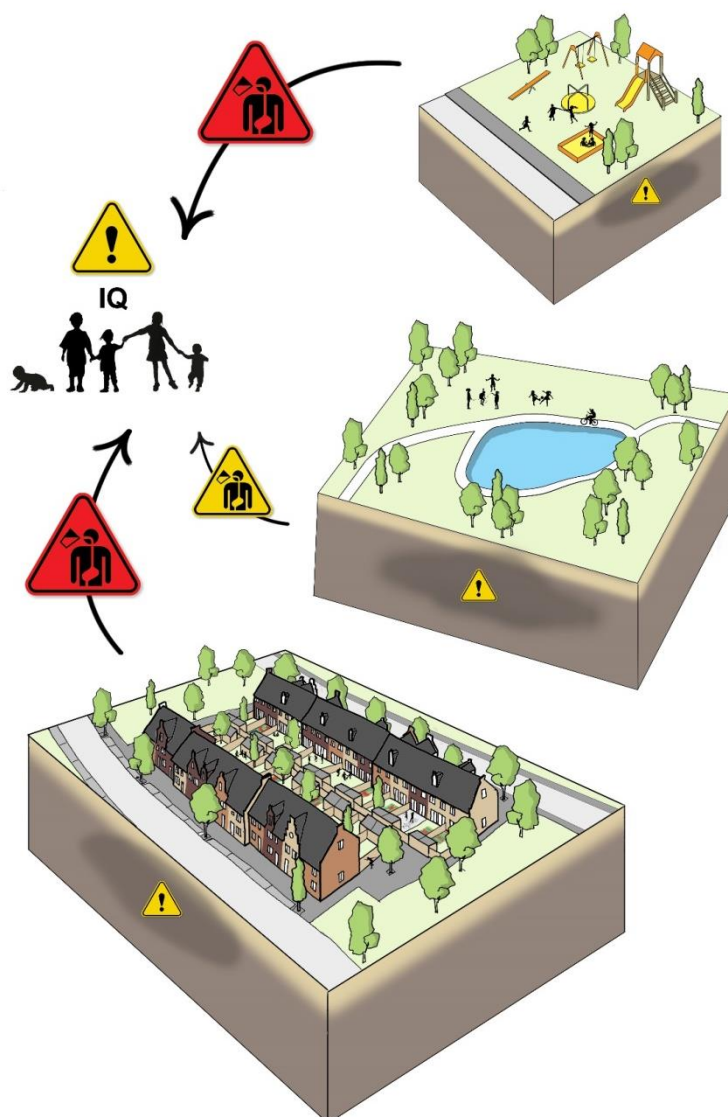
meerdere plekken in de wijk begeeft, waarbij een stapeling van blootstelling en dus van risico's plaatsvindt (Figuur 5).

We hebben op gebiedsniveau berekend wat de blootstelling aan lood is voor een kind met gemiddeld gedrag in twee fictieve situaties: een versteende wijk met een hoog loodgehalte (865 mg/kg) en een groene wijk met een gemiddeld loodgehalte (370 mg/kg), zie Tabel 8. De risicobeoordeling is uitgevoerd voor een wijk van 500x500 meter (25 hectare).

Tabel 8 Uitgangssituatie nulalternatief

Type bewoond gebied	Loodgehalte in de bodem (mg/kg)	Loodgehalte in de bodem waarmee we rekenen (mg/kg)
Versteende wijk	Hoog (530-1.200)	865
Groene wijk	Gemiddeld (210-530)	370

Figuur 5 Schematische weergave van blootstelling aan lood op wijkniveau (speelplaats, openbaar groen, tuinen)



Uitgangspunten

Alle uitgangspunten bij de berekening zijn genoemd in Bijlage C. Hieronder vatten we de belangrijkste samen.

De blootstelling bestaat uit ingestie van verontreinigde grond (kinderen krijgen via stof en vieze handen lood binnen) en ingestie van gewassen (eten uit eigen tuin van gewassen die lood hebben opgenomen en met aanhangende verontreinigde grond). Dit wordt uitgedrukt als hoeveelheid lood (μg) per kilogram lichaamsgewicht (kg lw) per dag (d).

Voor de totale blootstelling binnen een wijk hanteren we de opgetelde blootstelling voor vier bodemgebruiksvormen waar blootstelling aan lood plaatsvindt:

- wonen met tuin;
- wonen met moestuin*;
- plaatsen waar kinderen spelen**;
- ander groen***.

* We hanteren de volgende definitie van ‘Plaatsen waar kinderen spelen’: plaatsen waar kinderen spelen is *inclusief* plekken binnen openbaar groen waar intensief gespeeld wordt (dat betekent dat ‘Ander groen’ is uitgesloten van plaatsen waar intensief gespeeld wordt door kinderen).

** We hanteren de volgende definitie van ‘Wonen met moestuin’: een woning met een moestuin, of een woning zonder tuin maar met een volkstuin elders in de wijk.

*** De bodemgebruiksvormen ‘Natuur’ en ‘Groen met natuurwaarden’ komen weinig voor in woonwijken. Mochten deze desondanks voorkomen, dan vallen ze in onze berekeningen onder ‘Ander groen’.

Samenvatting van de overige uitgangspunten:

- De berekening van grondingestie is uitgevoerd op basis van de ‘Factsheet grondingestie’ van het RIVM (2016). Het RIVM kent geen wetenschappelijk onderzoek naar gemiddelde verblijftijden per dag per type bodemgebruik. Dit zal ook per wijk verschillen, afhankelijk van de ruimtelijke inrichting ervan. De dagelijkse hoeveelheid grondingestie hebben we daarom ingeschat op wijkniveau op basis van gemiddelde verblijftijden en gemiddelde dagelijkse innames per bodemgebruiksvorm (zie ook uitleg over modellen in Paragraaf 2.2). De gebruikte getallen zijn door het RIVM beoordeeld.
- Voor zover de relaties tussen loodgehalte en blootstelling uit RIVM (2016) rekening houden met mogelijke autonome gedragaanpassingen van mensen die al dan niet in vervuild gebied wonen (bijvoorbeeld uit zichzelf vaker handen wassen, stofzuigen), maken deze autonome gedragaanpassingen deel uit van het nulalternatief.
- De risicobeoordeling geldt voor kinderen van 0-6 jaar.
- De blootstelling via de ingestie van gewassen in tuinen en moes/volkstuinen is beperkt omdat we ervan uitgaan dat er gemiddeld genomen weinig moestuinen aanwezig zijn en er uit bestaande moestuinen minder wordt gegeten dan het maximum dat in het risicomodel Sanscrit (vanuit normstelling) wordt aangehouden. Daarom hebben we de blootstellingsroute ‘ingestiegewas’ niet meegenomen in deze studie.
- De achtergrondblootstelling uit voedselconsumptie is $0,6 \mu\text{g}/\text{kg lw}/\text{d}$.
- De biobeschikbaarheid wordt meegenomen in de berekening van ingestiegrond naar loodconcentratie in het bloed (zie Paragraaf 5.3).

Resultaat

Het resultaat van de berekeningen is opgenomen in Tabel 9. Daaruit blijkt dat de grootste bijdrage aan loodblootstelling plaatsvindt in tuinen en plaatsen waar kinderen spelen. Ook blijkt dat het gestapelde effect meer dan een verdubbeling is dan de blootstelling die voor één locatie zou worden berekend.

Tabel 9 Blootstelling in een wijk van 25 hectare

Type bewoond gebied	Loodgehalte in de bodem (mg/kg)	Bodemgebruiksvorm	Gemiddelde blootstelling per kind (µg/kg lw/d)*
Versteende wijk	865	Wonen met tuin	1,73
Versteende wijk	865	Wonen met moestuin	0,09
Versteende wijk	865	Plaatsen waar kinderen spelen	1,82
Versteende wijk	865	Ander groen	0,58
Versteende wijk	865	Totaal	4,8**
Groene wijk	370	Wonen met tuin	1,48
Groene wijk	370	Wonen met moestuin	0,08
Groene wijk	370	Plaatsen waar kinderen spelen	1,55
Groene wijk	370	Ander groen	0,25
Groene wijk	370	Totaal	4,0**

* NB Vanwege een verschillende manier van berekenen (onder andere biobeschikbaarheid en het meenemen van de achtergrondblootstelling) kunnen de uitkomsten niet één-op-één vergeleken worden met berekeningen op locatieniveau met Sanscrit.

** Inclusief achtergrondblootstelling via voedsel van 0,6 µg/kg lw/d.

4 Beschrijving projectalternatieven

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de projectalternatieven. Van die projectalternatieven zijn de maatschappelijke kosten en baten bepaald. De projectalternatieven zijn de maatregelen die worden genomen om de loodverontreiniging te beheersen, in de context van een type bebouwd gebied met een bepaald loodgehalte in de bodem zoals beschreven in het nulalternatief.

4.2 Beheersmaatregelen

Bij de beheersmaatregelen maken we een onderscheid naar de volgende maatregelenpakketten:

- algemene gebruiksadviezen conform aanbevelingen van RIVM;
- locatiegerichte gebruiksadviezen conform aanbevelingen van RIVM, gericht op specifieke doelgroepen en probleemhebbers;
- faciliteren (alleen bij de groene wijk), door het stimuleren van particuliere aanpak van eigen tuinen en het herinrichten van plaatsen waar kinderen spelen;
- functiegericht saneren (alleen bij de versteende wijk), in tuinen, moestuinen en plaatsen waar kinderen spelen.

Saneren is de meest verstrekkende beheersmaatregel, terwijl het opleggen van algemene gebruiksadviezen de lichtste vorm van risicobeheer is. Hieronder beschrijven we de beheersmaatregelen gedetailleerder.

Algemene gebruiksadviezen

Het voeren van communicatie over de risico's en beheersmaatregelen van lood. De communicatie vindt plaats door de gemeente (samen met de GGD) door middel van advertenties en nieuwsberichten via kranten, de website en in correspondentie. Waar mogelijk is de communicatie doelgroepgericht voor een maximaal bereik, bijvoorbeeld op scholen, gezondheidscentra of tuincentra. De communicatie vindt met regelmaat plaats die nodig is voor goede communicatie gedurende de tijdshorizon die in deze studie wordt gehanteerd.

De geadviseerde maatregelen volgen uit RIVM (2015) en GGD (2016):

- gedragsmaatregelen: handen wassen na buiten spelen; inloop voorkomen (schoenen uit in huis); regelmatig stofzuigen/dweilen in huis; gevarieerde gewasconsumptie, dus niet alleen eten uit eigen tuin; bij hogere loodgehalten geen consumptie van gewassen uit volle grond, dus eigen gewassen alleen in bakken kweken en goed wassen van geteelde gewassen;
- fysieke maatregelen: particulieren leggen in hun tuin een zandbak met schoon zand aan voor jonge kinderen.

Locatiegerichte gebruiksadviezen

Gerichte communicatie naar eigenaren en gebruikers van met lood verontreinigde locaties, bovenop de algemene communicatie zoals hierboven beschreven. Naast algemene communicatie (zoals hierboven beschreven), worden informatiebrieven verstuurd naar huishoudens. Gedacht kan worden aan gebiedsgerichte voorlichtingscampagnes, bijvoorbeeld via wijkcentra, om uitleg te geven over risico's van lood en handelingsperspectieven. De geadviseerde maatregelen volgen uit RIVM (2015) en GGD (2016) en zijn gelijk aan de hierboven beschreven maatregelen bij algemene communicatie.

In het geval van verontreinigingen die beoordeeld zijn door het bevoegd gezag Wet bodembescherming, worden in beschikkingen gebruiksbeperkingen opgelegd. Gebruiksbeperkingen kunnen zijn: een verbod op het houden van een moestuin en/of het verplicht opvolgen van gebruiksadviezen.

Gemeenten treden in dit scenario sturend op bij activiteiten waarbij vergroening (en daarmee potentieel meer blootstelling en risico's) ontstaat van de verontreinigde wijk, zoals bij initiatieven voor stadslandbouw of klimaatadaptatie.

De locatiegerichte communicatie vindt periodiek plaats gedurende de tijdshorizon die in deze studie wordt gehanteerd.

Functiegericht saneren

In dit scenario worden alle tuinen, moes-/volkstuinten en plaatsen waar kinderen spelen functiegericht gesaneerd. Dit betreft speeltuinen, groene speelplaatsen bij scholen en kinderdagverblijven en plekken in openbaar groen waar kinderen veel spelen. Niet gesaneerd wordt het overig openbaar groen (bermen, park, struikgewas, geluidswallen, etc.), natuur en groen met natuurwaarden, omdat hier nauwelijks kinderen spelen. We hebben als uitgangspunt opgenomen dat de saneringsoperatie vijf jaar duurt.

De sanering behelst het volgende:

- Indicatief onderzoek naar de kwaliteit van de bovenste meter van de bodem.
- Sloop en herstel van verhardingen en groen. Stenen gebouwen en oude bomen blijven staan, waardoor restverontreiniging achterblijft.
- Ontgraven tot 1 m -mv en afvoeren van de grond.
- Toepassen van schone grond (met gehalten beneden de AW2000-norm uit het Besluit bodemkwaliteit).
- Toepassen van algemene gebruiksadviezen (zie boven), gericht op het voorkomen van blootstelling vanuit niet-gesaneerde delen van de stad/wijk.

Faciliteren

Het doel van faciliteren is het contact met verontreinigde grond zoveel mogelijk te voorkomen door het treffen van fysieke maatregelen niet zijnde functiegericht saneren zoals bedoeld in de Circulaire bodemsanering 2013.

De maatregelen die genomen worden moeten nader worden uitgewerkt door de betreffende gemeente. We houden het volgende maatregelen pakket aan:

- Eigenaren en gebruikers van tuinen en moes-/volkstuinten worden gefaciliteerd bij het controleren van de bodemkwaliteit en het afvoeren van verontreinigde grond. Dit houdt in:

- De gemeente analyseert op eigen kosten grondmonsters die door eigenaren/gebruikers worden aangeboden. Analyse vindt plaats in het laboratorium of met een XRF-apparaat.
- Initiatiefnemers van tuinaanpak huren een hovenier in om een laag grond te laten ontgraven en af te voeren naar het gemeentelijk depot, en laten schone grond aanleveren.
- De gemeente neemt (tot een bepaald maximum) verontreinigde grond in van particulieren.
- Plaatsen waar kinderen spelen (speeltuinen, groene speelplaatsen bij scholen en kinderdagverblijven en plekken in openbaar groen waar kinderen veel spelen) worden aangepakt. Deze aanpak houdt in:
 - een indicatief onderzoek naar de kwaliteit van bovenste meter van de bodem;
 - het aanbrengen van een laagje schone grond met een afdeklaag zoals verharding, kunstgras, rubber tegels, en/of gras.
- Het toepassen van locatiegerichte gebruiksadviezen (zoals hierboven beschreven), gericht op het stimuleren van de maatregelen en voorkomen van blootstelling vanuit niet-aangepakte delen van de stad/wijk.

We hebben als uitgangspunt opgenomen dat de aanpak van de plaatsen waar kinderen spelen direct plaatsvindt, het faciliteren bij tuinen en moestuinen gedurende tien jaar plaatsvindt en de algemene communicatie gedurende de gehele looptijd van deze studie plaatsvindt. Opgemerkt wordt dat uiteindelijk - na tien jaar - niet alle tuinen en moestuinen zullen zijn aangepakt, omdat niet iedereen mee zal werken. Hiermee is rekening gehouden in de effectiviteit van de maatregel.

Blootstelling na beheersmaatregelen

De beheersmaatregelen leiden tot een gereduceerde blootstelling aan lood, omdat de ingestie van grond voor een gemiddeld kind daardoor in meer of mindere mate vermindert. De effectiviteit van een maatregel drukken we uit als een percentage waarmee de blootstelling aan lood wordt gereduceerd.

Er is geen wetenschappelijk onderzoek bekend waarin de effectiviteit van saneringsmaatregelen is onderzocht en waarop we kunnen terugvallen. Daarom hebben we dit bepaald op basis van *expert judgement* met verschillende deskundigen (vertegenwoordigers van RIVM, GGD, gemeenten en provincies die ervaring hebben met één of meer van deze maatregelen, zie voorwoord) op 16 maart 2017. In Bijlage F is toegelicht hoe we tot een inschatting van de effectiviteit zijn gekomen en met welke uitgangspunten we gerekend hebben. In Tabel 10 is de ingeschatte effectiviteit van beheersmaatregelen weergegeven. De effecten die in deze tabel zijn weergegeven zijn onzeker. Dat reflecteren we door een bandbreedte te hanteren. De genoemde getallen zijn aannames van de deskundigen. Gezien de gevoeligheid van de uitkomsten voor aannames over de effectiviteit (zie Paragraaf 9.3), bevelen we aan om hier onderzoek naar te (laten) doen.

Tabel 10 Ingeschatte effectiviteit beheersmaatregelen op grond van expert judgement

Bodemgebruik	Beheersmaatregel	Reductie- percentage (%)	Gerekend met (%)
Tuin	Algemene gebruiksadviezen	2-40	21
Moes- /volkstuin	Algemene gebruiksadviezen	2-40	21
Plaatsen waar kinderen spelen	Algemene gebruiksadviezen	0-1	0,5
Ander groen	Algemene gebruiksadviezen	0-1	0,5
Tuin	Locatiegerichte gebruiksadviezen	40-60	50
Moes- /volkstuin	Locatiegerichte gebruiksadviezen	40-60	50
Plaatsen waar kinderen spelen	Locatiegerichte gebruiksadviezen	1-5	3
Ander groen	Locatiegerichte gebruiksadviezen	1-5	3
Tuin	Functiegericht saneren	90-95	92,5
Moes- /volkstuin	Functiegericht saneren	90-95	92,5
Plaatsen waar kinderen spelen	Functiegericht saneren	100	100
Ander groen	Functiegericht saneren	0	0
Tuin	Faciliteren	5-50	27,5
Moes- /volkstuin	Faciliteren	5-50	27,5
Plaatsen waar kinderen spelen	Faciliteren	80-90	85
Ander groen	Faciliteren	0	3

Ingroeitijd

De beheersmaatregelen hebben niet allemaal direct effect. In Tabel 11 hebben we onze inschatting opgenomen van de tijd tussen het nemen van de maatregel en het moment waarop de maatregel zijn maximale effectiviteit bereikt. We gaan ervan uit dat gebruiksadviezen op korte termijn gerealiseerd worden en ook direct hun maximale resultaat bereiken. Voor de saneringsoperatie van een wijk en het opstarten van faciliteren rekenen we één jaar om ermee te starten. Voor het saneren gaan we uit van een periode van vijf jaar waarin de gehele wijk aangepakt wordt. Voor faciliteren gaan we ervan uit dat dit tien jaar wordt volgehouden, waarbij jaarlijks een evenredige hoeveelheid huishoudens meedoet tot het ingeschatte maximum.

Tabel 11 Realisatietermijn en ingroeitijd van maatregelen

Nummer	Beheersmaatregel	Realisatietermijn (jaar)	Ingroeitijd (jaar)
1 en 4	Algemene gebruiksadviezen	0	1
2 en 5	Locatiegerichte gebruiksadviezen	0	1
3	Functiegericht saneren	1	5
6	Faciliteren	1	10

4.3 De projectalternatieven

De kosten en baten zijn bepaald voor twee typen fictieve woonwijken: een versteende wijk met 365 mg/kg bodemlood en een groene wijk met 370 mg/kg bodemlood. Per woonwijk hebben we drie beheersmaatregelen doorgerekend. We onderscheiden daarom de volgende zes projectalternatieven (zie Tabel 12).

Tabel 12 Projectalternatieven

Nummer	Type bewoond gebied	Loodgehalte in de bodem (mg/kg)	Beheersmaatregel
1	Versteende wijk	865	Algemene gebruiksadviezen
2	Versteende wijk	865	Locatiegerichte gebruiksadviezen
3	Versteende wijk	865	Functiegericht saneren
4	Groene wijk	370	Algemene gebruiksadviezen
5	Groene wijk	370	Locatiegerichte gebruiksadviezen
6	Groene wijk	370	Faciliteren

Op basis van de MKBA-analyse met de bovenstaande projectalternatieven kan vergeleken worden welke maatregel vanuit maatschappelijk oogpunt het 'beste' is, gegeven de situatie (type bewoond gebied, loodgehalte).

Behalve dat (voor gemeenten) een vergelijking mogelijk wordt met deze projectalternatieven, dekken deze alternatieven ook mogelijke combinaties af. Dat geldt zowel voor de maatregelen als voor het type bewoond gebied. Alle maatregelen komen minstens een keer terug in een projectalternatief. De typen bewoond gebied die we onderscheiden (groen en versteend), vormen het belangrijkste contrast qua bodemfuncties die samenhangen met het risico dat kinderen lood binnenkrijgen.

5 Baten

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk behandelen we de baten van de maatregelen. De baten bestaan uit het welvaartseffect dat samenhangt met het verlies aan intelligentie, dat wordt voorkomen door de maatregelen. We berekenen dit aan de hand van de logica hieronder.

Beheersmaatregelen leiden tot een verminderde blootstelling aan lood, daarmee tot minder lood in het bloed. Minder lood in het bloed betekent minder neurologische schade en minder IQ-verlies per kind. Het IQ-verlies per kind vermenigvuldigen we met een prognose van het aantal kinderen dat door de maatregel minder wordt blootgesteld. Daarmee berekenen we het totaal verlies aan IQ-punten dat door de maatregel wordt voorkomen. Dit totaal vermeden verlies aan IQ-punten vermenigvuldigen we met een waardering (bedrag in euro's) per IQ-punt om de baten te berekenen.

5.2 Effect van beheersmaatregelen op blootstelling aan lood

Beheersmaatregelen leiden tot een lagere blootstelling aan lood. Op basis van de gegevens uit de voorgaande hoofdstukken, kunnen we die verminderde blootstelling berekenen.

In Tabel 13 en Tabel 14 is de blootstelling in de verschillende project-alternatieven. We onderscheiden de blootstelling in het nulalternatief, de blootstelling na het nemen van maatregelen met de ingeschatte effectiviteit, en het verschil tussen beide.

Tabel 13 Vermindering blootstelling per gemiddeld kind ($\frac{\mu\text{g/kg lw}}{\text{d}}$), versteende wijk van 25 hectare

Project-alternatief	Blootstelling zonder maatregel	Blootstelling met maatregel	Vermeden blootstelling door maatregel
1	4,8	4,4	0,4
2	4,8	3,8	1,0
3	4,8	1,5	3,3

Tabel 14 Vermindering blootstelling per gemiddeld kind ($\frac{\mu\text{g/kg lw}}{\text{d}}$), groene wijk van 25 hectare

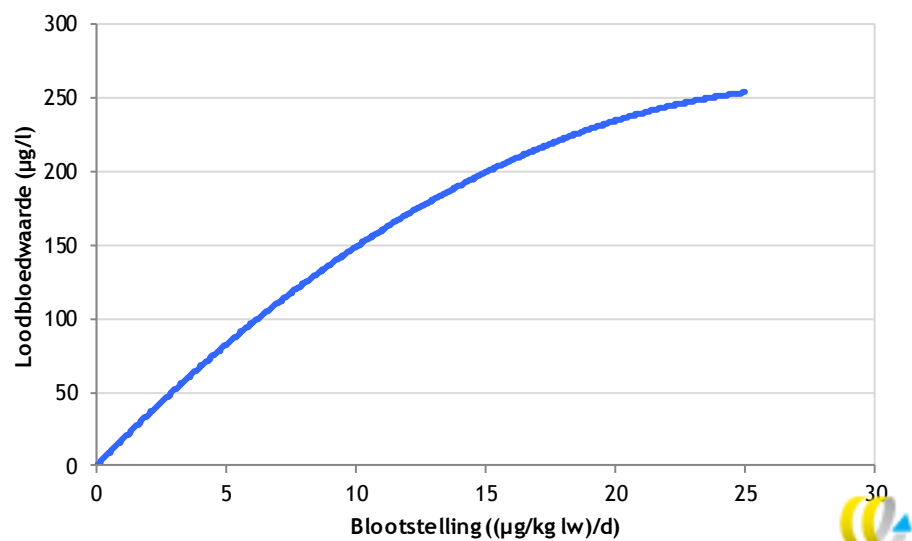
Project-alternatief	Blootstelling zonder maatregel	Blootstelling met maatregel	Vermeden blootstelling door maatregel
4	4,0	3,6	0,3
5	4,0	3,1	0,8
6	4,0	2,4	1,5

5.3 Effect van beheersmaatregelen op loodconcentratie in bloed

Een deel van het lood dat door de inname van verontreinigde grond (grondingestie) in de darm terecht komt wordt opgenomen in het bloed. Kinderen nemen een groter deel van het lood op dan volwassenen. Hoeveel lood wordt opgenomen is afhankelijk van de persoon. Als een persoon een grotere behoefte heeft aan kalk en ijzer, bijvoorbeeld tijdens de groei of tijdens zwangerschap, dan zal een groter deel van het lood, dat via grondingestie in de darm terecht is gekomen, in het bloed worden opgenomen.

We hebben de relatie tussen de blootstelling aan lood en de verhoogde loodconcentratie in het bloed (zie Figuur 6) afgeleid uit de waarden die zijn berekend met het IEUBK-model en waarvan de parameters zijn aangeleverd door het RIVM (2017). Voor meer details hierover verwijzen we naar Bijlage A.

Figuur 6 Het verband tussen de blootstelling aan lood en de loodconcentratie in bloed



Bron: Berekeningen CE Delft op basis van correspondentie met het RIVM (2017). De relatie is geldig binnen het blootstellingsdomein van 0-25 µg/kg lw/d.

Een belangrijk kenmerk van het verband tussen blootstelling en loodbloedwaarde is dat de curve steiler is bij lage blootstelling. Dat betekent dat juist bij lage blootstelling (lees: bij een minder verontreinigde bodem) een toename of afname van de blootstelling een relatief sterk effect heeft op de loodconcentratie in het bloed.

In Tabel 15 en Tabel 16 staan per projectalternatief de berekende loodconcentraties in het bloed per kind, met en zonder beheersmaatregelen.

Tabel 15 Vermindering loodconcentratie in bloed (µg/l bloed) per gemiddeld kind, versteende wijk

Project-alternatief	Loodconcentratie in bloed zonder maatregel	Loodconcentratie in bloed met maatregel	Verminderde loodconcentratie in bloed door maatregel
1	79,3	73,3	5,9
2	79,3	64,3	15,0
3	79,3	26,5	52,8

Toelichting: Loodbloedwaarde met maatregel en vermeden loodbloedwaarde door maatregel als de maatregel zijn potentiële effectiviteit heeft bereikt.

Tabel 16 Vermindering loodconcentratie in bloed (µg/l bloed) per gemiddeld kind, groene wijk

Project-alternatief	Loodconcentratie in bloed zonder maatregel	Loodconcentratie in bloed met maatregel	Verminderde loodconcentratie in bloed door maatregel
4	66,2	61,0	5,2
5	66,2	53,1	13,1
6	66,2	41,9	24,3

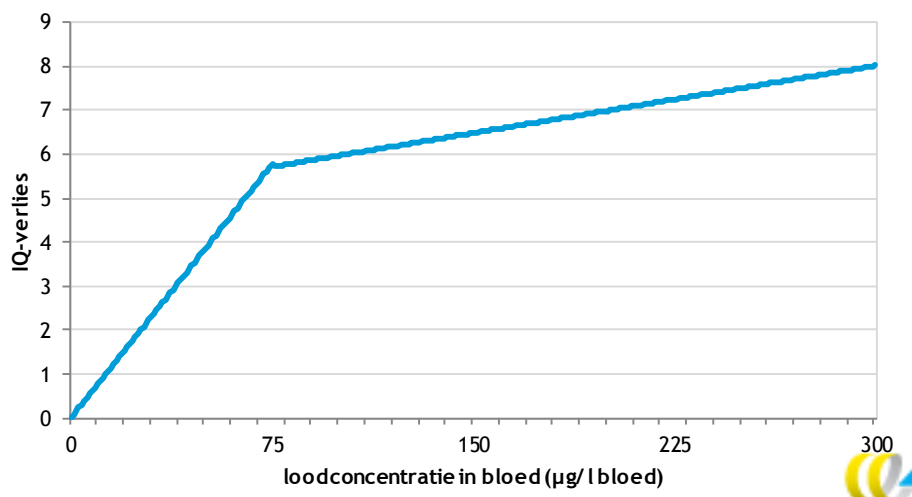
Toelichting: Loodbloedwaarde met maatregel en vermeden loodbloedwaarde door maatregel als de maatregel zijn potentiële effectiviteit heeft bereikt.

5.4 Effect van vermindering loodbloedwaarde op vermeden IQ-verlies

Lood heeft nadelige effecten op verschillende orgaansystemen. Het meest gevoelige is het zenuwstelsel. (Ongeboren) kinderen zijn het gevoeligst voor deze neurologische effecten omdat hun zenuwstelsel, inclusief hun hersenen, in ontwikkeling zijn. Al in de jaren '40 van de vorige eeuw werden leer- en ontwikkelingsproblemen gezien bij kinderen die hoog waren blootgesteld aan lood. Later werd gevonden dat ook lage loodblootstelling leidde tot slechtere schoolresultaten bij kinderen. Tegenwoordig is voldoende wetenschappelijk aangetoond dat een verhoogde loodconcentratie in bloed geassocieerd is met verlaagde intelligentie (uitgedrukt in IQ-scores).

Voor het bepalen van het IQ-verlies op basis van de loodconcentratie in bloed van jonge kinderen, gebruiken we de relatie zoals weergegeven in Figuur 7 (RIVM, 2015). Zie voor een toelichting Bijlage B.

Figuur 7 Het verband tussen de loodconcentratie in bloed van jonge kinderen en hun IQ-verlies



Een belangrijk kenmerk van het verband tussen de loodconcentratie in het bloed en IQ is dat de curve steiler is bij lage loodconcentraties in het bloed. Dat betekent dat juist bij lage loodconcentraties in het bloed (lees: bij een minder verontreinigde bodem) een toename of afname van de loodconcentratie een relatief sterk effect heeft op het IQ, ten opzichte van loodconcentraties in het bloed boven $75 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}}$.

Als we op basis van de relatie in deze figuur berekenen hoe hoog het IQ-verlies per kind is in de verschillende projectalternatieven (met en zonder maatregel), dan zien we het volgende (zie Tabel 17 en Tabel 18):

Tabel 17 Vermeden IQ-verlies per gemiddeld kind, versteende wijk

Project-alternatief	IQ-verlies zonder maatregel	IQ-verlies met maatregel	Vermeden IQ-verlies door maatregel
1	5,76	5,65	0,11
2	5,76	4,95	0,81
3	5,76	2,04	3,72

Toelichting: IQ-verlies met maatregel en vermeden IQ-verlies door maatregel als de maatregel zijn potentiële effectiviteit heeft bereikt.

Tabel 18 Vermeden IQ-verlies per gemiddeld kind, groene wijk

Project-alternatief	IQ-verlies zonder maatregel	IQ-verlies met maatregel	Vermeden IQ-verlies door maatregel
4	5,10	4,70	0,40
5	5,10	4,09	1,01
6	5,10	3,23	1,87

Toelichting: IQ-verlies met maatregel en vermeden IQ-verlies door maatregel als de maatregel zijn potentiële effectiviteit heeft bereikt.

We vermenigvuldigen het (vermeden) IQ-verlies per kind met een prognose van het aantal kinderen dat geboren wordt in de periode t/m 2267 (250 jaar vanaf nu) om uit te rekenen hoe groot het totale (vermeden) IQ-verlies is. Daarbij houden we rekening met de realisatietermijn van de maatregelen (het moment waarop de maatregelen voor het eerst (deels) effectief zijn) en het ingroeipad naar de potentiële effectiviteit van de maatregel. De uitkomsten staan in Tabel 19 en Tabel 20.

We gaan in de berekening uit van een woonwijk met 3 kinderen per hectare (zie Hoofdstuk 3). We rekenen dit om naar het aantal geboorten over de tijdshorizon in die wijk. We komen op een aantal van 3.403 over 250 jaar (gemiddeld 13,6 geboorten per jaar). Een toelichting op de berekening staat in de volgende tekstbox.

Box 6 Toelichting op de berekening van het aantal geboorten⁸

Op basis van CBS-statistieken hebben we een berekening uitgevoerd van het aantal kinderen in de leeftijd van 0-6 (gevoelige groep) dat woont op één hectare. Dat aantal varieert sterk (zie Paragraaf 9.4 voor een analyse van de gevoeligheid van onze uitkomsten voor aannames over het aantal kinderen/ha), maar ligt voor bebouwde gebieden met grotendeels een woonfunctie in de orde van grootte van 3. Uitgaande van 3 kinderen in de leeftijd van 0-6 per hectare, zijn er 3/7 geboorten per hectare. Dat komt neer op $75/7 = 10,7$ geboorten in een gebied van de door ons beschouwde grootte (25 hectare). Doordat de bevolking groeit in de periode 2017-2267 komen we op 13,6 geboorten gemiddeld per jaar voor alle jaren in deze periode⁹. Over de tijdshorizon gaat het om 3.403 kinderen.

Tabel 19 Vermeden IQ-verlies totale populatie (3.403 kinderen), versteende wijk van 25 hectare

Project-alternatief	IQ-verlies zonder maatregel	IQ-verlies met maatregel	Vermeden IQ-verlies door maatregel
1	19.601	19.214	387
2	19.601	16.854	2.747
3	19.601	7.100	12.501

⁸ Lood wordt snel in het bloed opgenomen en breekt langzaam af. Dat betekent dat het leeuwendeel van de kinderen die nu in de gevoelige groep zitten al is blootgesteld en dat maatregelen vooral zin hebben voor kinderen die nog geboren gaan worden en heel jonge kinderen. In overleg met het RIVM is gerekend met kinderen die nog geboren gaan worden.

⁹ Op basis WLO hoog. In het WLO laag-scenario ligt het aantal geboorten per jaar wat lager omdat de bevolking minder snel groeit.

Tabel 20 Vermeden IQ-verlies totale populatie (3.403 kinderen), groene wijk van 25 hectare

Project-alternatief	IQ-verlies zonder maatregel	IQ-verlies met maatregel	Vermeden IQ-verlies door maatregel
4	17.355	15.987	1.368
5	17.355	13.932	3.423
6	17.355	11.123	6.232

5.5 De waardering van vermeden IQ-verlies

In de literatuur zijn verschillende kanalen te vinden waarlangs IQ-verlies kan worden gewaardeerd. De meest gebruikte methode is waardering op basis van het inkomensverlies dat samenhangt met het IQ-verlies. Een aanvullende methode is waardering door de extra kosten voor speciaal onderwijs die samenhangen met het IQ-verlies. In deze studie gebruiken we de methode van waardering via het inkomensverlies. De aanvullende methode achten we minder relevant (zie volgende tekstbox), omdat de baten die samenhangen met het speciaal onderwijs kleiner zijn dan 0,1% van de baten die samenhangen met het vermeden inkomensverlies. We sluiten met deze keuze aan bij de MKBA bodemsanering (MNP, 2007).

Box 7 Loodblootstelling en speciaal onderwijs minder relevant

Kinderen met hoge concentraties lood in hun bloed, hebben meer kans om op het speciaal onderwijs terecht te komen. Door verlies van IQ-punten neemt de kans toe dat zij voldoen aan de criteria voor speciaal onderwijs. In de literatuur zijn alleen studies bekend die rekenen met een relatief hoge drempelwaarde voor dit effect. Pichery (Pichery, et al., 2011) noemt een aantal studies met drempelwaardes van 250µg/l (Schwartz, 1994); 100 µG/L (Nevin, 2007) (Espagnol & Prouchandy, 2007)). Zelf gaat ze ervan uit dat 10% van de kinderen met een loodconcentratie hoger dan 100 µG/L speciaal onderwijs nodig heeft. Ook Gould (2009) gaat uit van de drempelwaarde van Schwartz (1994) en gaat ervan uit dat in de Verenigde Staten bij een loodconcentratie hoger dan 250µG/L 20% van de kinderen speciaal onderwijs nodig heeft. De kosten hiervan zijn ongeveer 0,05% van de kosten die samenhangen met het verlies aan inkomen. In deze MKBA ligt de lood in bloedwaarde voor het scenario met maximale blootstelling op 192 µg/l. Dit is onder de drempelwaarde van (Pichery, et al., 2011). Omdat de concentratie in onze studie onder de drempelwaarde blijft en omdat het aandeel baten dat samenhangt met vermeden kosten voor speciaal onderwijs lager is dan 0,1% van de baten die samenhangen met het inkomensverlies, kwantificeren we het effect op speciaal onderwijs niet in deze studie.

We waarderen het vermeden IQ-verlies op basis van het vermeden inkomensverlies (bruto salaris over de jaren waarin gewerkt kan worden). We komen op een waardering van €₂₀₁₆ 17.705 per vermeden verlies van 1 IQ-punt. We berekenen onze waardering op basis van de enige waarde voor Nederland die in de literatuur bekend is (Bellanger, et al., 2013). De waarde van een IQ-punt is gelijk aan het (gedisconteerde) misgelopen inkomen over de gehele levensloop¹⁰ (*lifetime income*). Zie Bijlage H voor meer informatie over de methode voor het bepalen van de waarde van vermeden IQ-verlies.

In de volgende paragraaf laten we zien wat deze waardering voor IQ-verlies betekent voor de gemonetariseerde baten per projectalternatief.

¹⁰ In feite gaat het over het misgelopen inkomen over de jaren waarin gewerkt kan worden.

5.6 Baten per projectalternatief

In de tabellen hieronder staan de baten per projectalternatief. Die baten zijn gebaseerd op de waardering van het IQ-verlies dat samenhangt met de projectalternatieven. In de volgende box geven we weer wat dat betekent voor de baten per kind.

Box 8 Gemiddelde baten/kind

Door de baten te delen door het aantal kinderen (3.403) in onze tijdshorizon, kunnen we uitrekenen hoe hoog de baten per kind zijn voor de verschillende projectalternatieven. Zie Tabel 21 voor een overzicht.

Tabel 21 Gemiddelde baten vermeden IQ-verlies per kind (€₂₀₁₆, gediscoteerd)

Projectalternatief	Baten /kind
1	€ 515
2	€ 3.661
3	€ 16.212
4	€ 1.823
5	€ 4.562
6	€ 7.899

Toelichting: De gemiddelde baten/kind zijn berekend als het gemiddelde van de gediscoteerde baten/kind die vallen tussen 2017 en 2267. Vanwege de discontering zijn de baten/kind in nabije jaren aanzienlijk hoger (ongeveer een factor 4 hoger dan het gemiddelde), terwijl ze in jaren veel verder weg richting 0 gaan.

Tabel 22 Baten vermeden IQ-verlies per projectalternatief (1.000 €₂₀₁₆, gediscoteerd), versteende wijk van 25 hectare

Project-alternatief	Gemonetariseerde waarde IQ-verlies zonder maatregel	Gemonetariseerde waarde IQ-verlies met maatregel	Baten maatregel
1	89.728	87.974	1.754
2	89.728	77.268	12.460
3	89.728	34.553	55.175

Toelichting: In de berekening is een discontovoet gehanteerd van 3% conform de leidraad MKBA. Daarnaast is de monetaire waardering van IQ-verlies voor toekomstige jaren bijgesteld conform de te verwachten groei van de arbeidsproductiviteit uit de WLO-scenario's. De gemiddelde, gediscoteerde waardering van een IQ-punt (inclusief bijstelling vanwege groei van de arbeidsproductiviteit) over de jaren in de door ons gehanteerde tijdshorizon is gelijk aan € 4.578 per IQ-punt.

Tabel 23 Baten vermeden IQ-verlies per projectalternatief (1.000 €₂₀₁₆, gediscoteerd), groene wijk van 25 hectare

Project-alternatief	Gemonetariseerde waarde IQ-verlies zonder maatregel	Gemonetariseerde waarde IQ-verlies met maatregel	Baten maatregel
4	79.446	73.243	6.204
5	79.446	63.920	15.527
6	79.446	52.562	26.885

Toelichting: In de berekening is een discontovoet gehanteerd van 3% conform de leidraad MKBA. Daarnaast is de monetaire waardering van IQ-verlies voor toekomstige jaren bijgesteld conform de te verwachten groei van de arbeidsproductiviteit uit de WLO-scenario's. De gemiddelde, gediscoteerde waardering van een IQ-punt (inclusief bijstelling vanwege groei van de arbeidsproductiviteit) over de jaren in de door ons gehanteerde tijdshorizon is gelijk aan € 4.578 per IQ-punt.

6 Directe kosten

De directe kosten zijn de financiële kosten en inspanningen die nodig zijn om de maatregelen te realiseren.

We hebben de directe kosten geraamd van de verschillende beheersmaatregelen binnen de projectalternatieven. De kosten voor algemene en locatiegerichte gebruiksadviezen gelden voor zowel de versteende als de groene wijk. De kosten voor saneren zijn specifiek gekoppeld aan de versteende wijk met hoge loodgehalten (Projectalternatief 3). De kosten voor faciliteren zijn gekoppeld aan een groene wijk met gemiddelde loodgehalten (Projectalternatief 6).

De uitgangspunten en een onderbouwing van de kentallen zijn opgenomen in Bijlage G. Samengevat zijn deze als volgt:

- Exclusief BTW, prijspeil 2016.
 - Publieke en private kosten zijn inbegrepen.
 - Kosten voor algemene gebruiksadviezen zijn berekend op gemeenteniveau, uitgaande van tien wijken per gemeente. Kosten bestaan uit communicatie (advertentie, folders, etc.), exclusief ambtelijke inzet en particuliere aanleg van zandbakken in eigen tuin.
 - Kosten voor locatiegerichte gebruiksadviezen zijn berekend op gemeenteniveau, uitgaande van tien wijken per gemeente. Kosten bestaan uit communicatie (inrichten website, advertentie, folders, etc.), extra ambtelijke inzet voor voorlichtingscampagnes, en particuliere aanleg van zandbakken in eigen tuin.
 - Kosten voor functiegericht saneren (aanleg 1 meter leeflaag bestaande uit schone grond met maximaal 50 mg/kg lood) zijn berekend voor wonen met tuin, moes-/volkstuin en plaatsen waar kinderen spelen. We hebben per bodemgebruik een prijs per m² afgeleid en rekening gehouden met een opslag van 10% voor ambtelijke inzet.
 - voor tuinen en moes-/volkstuinten hanteren we een saneringsprijs van € 200 per m² en kosten voor herinrichting van € 40 per m²;
 - voor plaatsen waar kinderen spelen hanteren we een prijs van € 150 per m² inclusief herinrichting.
- De oppervlakte die gesaneerd wordt is gebaseerd op enerzijds de aanwezigheid van onbedekte bodem binnen de wijk volgens Tabel 6 en Tabel 7 (uitgaande van een verdeling tussen tuinen en moestuinen van respectievelijk 95 en 5%), en anderzijds de effectiviteit van de maatregel volgens Tabel 10. Dit komt voor een versteende wijk op 26.363 m² aan tuinen, 1.388 m² aan moes-/volkstuinten en 2.500 m² aan plaatsen waar kinderen spelen. We gaan ervan uit dat het openbaar groen waar nauwelijks kinderen spelen niet gesaneerd wordt, maar dat daar wel algemene gebruiksadviezen van toepassing zijn.
- Kosten voor faciliteren zijn berekend voor wonen met tuin, moes-/volkstuin en plaatsen waar kinderen spelen. We hebben per bodemgebruik een prijs per m² afgeleid:
 - voor tuinen en moes-/volkstuinten hanteren we een prijs van € 17 per m², gebaseerd op het analyseren van een beperkt aantal grondmonsters, het door een hovenier ontgraven van een laag grond uit de tuin en afvoeren naar een gemeentelijk depot en het aanvullen met schone grond;

- voor plaatsen waar kinderen spelen hanteren we een prijs van € 22 per m², voor het uitvoeren van een bodemonderzoek, aanbrengen van een worteldoek, laagje schone grond en een mix van rubber tegels en graszoden, en het weghalen en terugplaatsen van speeltoestellen. De oppervlakte die gesaneerd wordt is bepaald zoals bij functiegericht saneren (zie boven). Dit komt voor een groene wijk op 18.288 m² aan tuinen, 963 m² aan moes-/volkstuinten en 5.000 m² aan plaatsen waar kinderen spelen. We gaan ervan uit dat het openbaar groen waar nauwelijks kinderen spelen niet gesaneerd wordt, maar dat daar wel locatiegerichte gebruiksadviezen van toepassing zijn.

Hieronder geven we de geraamde kosten per projectalternatief.

Tabel 24 Kosten van maatregelen per projectalternatief, versteende wijk van 25 hectare (1.000 €₂₀₁₆), gediscoteerd

Project-alternatief	Maatregel	Investerings-kosten	Jaarlijkse kosten	Totaal
1	Algemene gebruiksadviezen	2	6	8
2	Locatiegerichte gebruiksadviezen	2	28	30
3	Functiegericht saneren	6.877	28	6.906

Tabel 25 Financiële Kosten van maatregelen per projectalternatief, groene wijk van 25 hectare (1.000 €₂₀₁₆), gediscoteerd

Nummer	Beheersmaatregel	Investerings-kosten	Jaarlijkse kosten	Totaal
4	Algemene gebruiksadviezen	2	6	8
5	Locatiegerichte gebruiksadviezen	2	28	30
6	Faciliteren	374	28	402

7 Indirecte kosten

Naast de directe kosten en gezondheidsbaten, bepalen we ook indirecte kosten van de maatregelen. Indirecte kosten onderscheiden zich van directe kosten doordat zij niet gemaakt worden om de maatregelen te realiseren, maar als neveneffect veroorzaakt worden door de maatregelen. Het gaat dan om de welvaartseffecten die samenhangen met overlast, onrust, milieuvervuiling tijdens de het transport en de verwerking van grond en verkeersslachtoffers vanwege het transport van grond.

7.1 Welvaartsverlies vanwege overlast

Saneringsmaatregelen en faciliteren veroorzaken overlast voor omwonenden. Bij saneringsmaatregelen gaat het om overlast door het opbreken van tuinen, grondwerkzaamheden en vervoer van grond. Dat kan zowel plaatsvinden in tuinen, moes- /volkstuinten als bij kinderspeelplaatsen.

Bij faciliteren gaat het om beperktere overlast. Speeltuinen worden minder zwaar aangepakt (aanbrengen laagje grond en gras of tegels in plaats van functiegericht saneren van de bovenste meter), terwijl de tuinaanpak op vrijwillige basis en op een zelf gekozen moment door eigenaren zelf gebeurt.

Bij gebruiksadviezen is geen overlast.

Bij ons zijn geen studies bekend op basis waarvan we deze effecten kwantitatief kunnen beoordelen. We vatten de beoordeling van het welvaartseffect vanwege overlast samen in Tabel 26 en Tabel 27.

Tabel 26 Welvaartseffect door overlast van maatregelen per projectalternatief, versteende wijk

Project-alternatief	Beheersmaatregel	Waardering
1	Algemene gebruiksadviezen	Nul
2	Locatiegerichte gebruiksadviezen	Nul
3	Functiegericht saneren	Negatief

Tabel 27 Welvaartseffect door overlast van maatregelen per projectalternatief, groene wijk

Project-alternatief	Beheersmaatregel	Waardering
4	Algemene gebruiksadviezen	Nul
5	Locatiegerichte gebruiksadviezen	Nul
6	Faciliteren	Licht negatief

7.2 Welvaartsverlies vanwege onrust

Met name bij grootschaliger communicatiemaatregelen kan het zijn dat bewoners zich zorgen gaan maken, waardoor hun welzijn negatief wordt beïnvloed. Daarbij dient in ogenschouw te nemen, dat de communicatie maatregelen vaak een grotere groep mensen bereiken dan de doelgroep (ouders van kleine en ongeboren kinderen). Deze brede groep mensen kan zich wel zorgen

gaan maken, terwijl zij deels veel minder risico loopt en tegelijkertijd vaak weinig kan doen om het risico voor de relevante groep te beperken.

Bij ons zijn geen studies bekend op basis waarvan we deze effecten kwantitatief kunnen beoordelen.

Omdat alle maatregelen communicatie-elementen bevatten, beoordelen we het welvaartseffect vanwege onrust voor alle projectalternatieven als negatief (zie hieronder).

Tabel 28 Welvaartseffect door onrust van maatregelen per projectalternatief, versteende wijk

Project-alternatief	Beheersmaatregel	Waardering
1	Algemene gebruiksadviezen	Negatief
2	Locatiegerichte gebruiksadviezen	Negatief
3	Functiegericht saneren	Negatief

Tabel 29 Welvaartseffect door onrust van maatregelen per projectalternatief, groene wijk

Project-alternatief	Beheersmaatregel	Waardering
4	Algemene gebruiksadviezen	Negatief
5	Locatiegerichte gebruiksadviezen	Negatief
6	Faciliteren	Negatief

7.3 Welvaartsverlies vanwege milieuvervuiling bij transport en verwerken grond

Bij de maatregelen saneren wordt grond ontgraven, verwerkt in een tijdelijk gronddepot en vervolgens per vrachtwagen afgevoerd naar ofwel een verwerker (voor reiniging van de grond) ofwel plaats van toepassing (hergebruik). Daarnaast wordt schone grond aangevoerd.

Bij het transport en de verwerking van grond worden schadelijke stoffen naar de lucht uitgestoten. Het gaat dan met name om NO_x , fijnstof en CO_2 . NO_x -uitstoot en fijnstof hebben lokaal schadelijke effecten. NO_x veroorzaakt verzuring van het milieu, terwijl fijnstof de luchtwegen en longen aantast. De uitstoot van CO_2 veroorzaakt negatieve klimaateffecten.

In de tabellen hieronder berekenen we het negatieve welvaartseffect dat wordt veroorzaakt door de verwerking en het transport. We hanteren daarbij onderstaande uitgangspunten. De complete berekening is te vinden in Bijlage D.

Saneren

- De afstand van de saneringslocatie tot de verwerker van de verontreinigde grond is 50 km. Hiervan is 7,5 km binnen en 42,5 km buiten de bebouwde kom.
- De afstand tot de leverancier van schone grond is 25 km. Hiervan is 7,5 km binnen en 17,5 km buiten de bebouwde kom.
- Vrachtwagens rijden vol heen en leeg terug.
- Schoonmaken van de grond gebeurt bij een grondreinigingsbedrijf via zeven en extractie (oplossen) van het lood.

Faciliteren

- De afstand van een tuin of andere locatie die wordt schoongemaakt tot de verwerker van de verontreinigde grond is 15 km. Hiervan is 7,5 km binnen en 7,5 km buiten de bebouwde kom.
- De afstand tot de leverancier van schone grond is 15 km. Hiervan is 7,5 km binnen en 7,5 km buiten de bebouwde kom.
- Vrachtwagens rijden vol heen en leeg terug.
- Schoonmaken van de grond gebeurt alleen door zeven¹¹.

Tabel 30 Welvaartseffect door transport gerelateerd aan maatregelen, versteende wijk van 25 hectare

Project-alternatief	Beheersmaatregel	Kosten (1.000 € ₂₀₁₆), gediscoteerd
1	Algemene gebruiksadviezen	0
2	Locatiegerichte gebruiksadviezen	0
3	Functiegericht saneren	101

Tabel 31 Welvaartseffect door transport gerelateerd aan maatregelen, groene wijk van 25 hectare

Project-alternatief	Beheersmaatregel	Kosten (1.000 € ₂₀₁₆), gediscoteerd
4	Algemene gebruiksadviezen	0
5	Locatiegerichte gebruiksadviezen	0
6	Faciliteren	10

7.1 Welvaartsverlies vanwege verkeersslachtoffers

De extra gegenereerde transportbewegingen vergroten de kans op verkeersslachtoffers. Het gaat dan om extra licht gewonden, zwaar gewonden en doden. We kwantificeren het effect van de maatregelen op het aantal verkeersslachtoffers door het aantal voertuigkilometers te vermenigvuldigen met een bedrag voor de externe kosten van verkeersveiligheid (in euro per kilometer), zie Bijlage E. In die kosten zijn meegenomen (CE Delft, 2014):

- medische kosten;
- afhandelingskosten voor bijv. brandweer, politie en verzekeraars;
- materiele kosten;
- kosten van productieverlies;
- immateriële kosten voor slachtoffers en hun naasten.

We hanteren voor het transport de uitgangspunten zoals genoemd in de voorgaande paragraaf.

¹¹ We hebben faciliteren alleen berekend voor loodgehalten onder de interventiewaarde. Dan is verdere reiniging door extractie niet nodig.

In Tabel 32 en Tabel 33 geven we een overzicht van het welvaartsverlies vanwege extra verkeersslachtoffers voor de projectalternatieven.

Tabel 32 Welvaartseffect vanwege extra verkeersslachtoffers gerelateerd aan maatregelen, versteende wijk van 25 hectare

Nummer	Beheersmaatregel	Kosten (1.000 € ₂₀₁₆), gediscoteerd
1	Algemene gebruiksadviezen	0
2	Locatiegerichte gebruiksadviezen	0
3	Functiegericht saneren	72

Tabel 33 Welvaartseffect vanwege extra verkeersslachtoffers gerelateerd aan maatregelen, groene wijk van 25 hectare

Nummer	Beheersmaatregel	Kosten (1.000 € ₂₀₁₆), gediscoteerd
4	Algemene gebruiksadviezen	0
5	Locatiegerichte gebruiksadviezen	0
6	Faciliteren	4

De bedragen zijn het equivalent van minder dan 0,001 (faciliteren) respectievelijk 0,03 (saneren) dodelijk verkeersslachtoffer.

8 MKBA-resultaat

8.1 Inleiding

In deze studie zijn de maatschappelijke kosten en baten geanalyseerd van een aantal maatregelen om de risico's met betrekking tot loodvervuiling in de bodem te beheersen. De analyse is gedaan voor een aantal beheersmaatregelen in twee fictieve woonwijken ter grootte van 25 hectare, waarin drie kinderen per hectare wonen.

Om de kosten en baten vergelijkbaar te maken, zijn deze zoveel mogelijk in euro's uitgedrukt.

We hebben twee omgevingsscenario's opgesteld op basis van type bewoond gebied en loodgehalte in de bodem:

- een versteende wijk met een loodgehalte van 865 mg/kg;
- een groene wijk met een loodgehalte van 370 mg/kg.

Voor die twee omgevingsscenario's zijn de kosten en baten van de volgende maatregelen doorgerekend:

- algemene gebruiksadviezen conform aanbevelingen van RIVM;
- locatiegerichte gebruiksadviezen conform aanbevelingen van RIVM, gericht op specifieke doelgroepen en probleemhebbers;
- faciliteren (alleen bij een groene wijk), door het stimuleren van particuliere aanpak van eigen tuinen en het herinrichten van plaatsen waar kinderen spelen;
- functiegericht saneren (alleen bij de versteende wijk), door in tuinen, moestuinen en plaatsen waar kinderen spelen een bodemsanering uit te voeren.

We hebben zes projectalternatieven samengesteld door de twee omgevingscenario's te combineren met ieder drie beheersmaatregelen. Voor die projectalternatieven zijn de maatschappelijke kosten en baten van maatregelen doorgerekend.

De kosten van de maatregelen bestaan uit directe en indirecte kosten die met de maatregelen gepaard gaan. Directe kosten zijn investeringskosten en periodiek terugkerende kosten. Indirecte kosten zijn overlast, onrust, milieuvervuiling bij transport en verwerking van de grond, en verkeersslachtoffers bij het transport van de grond. De baten bestaan uit gezondheidswinst als gevolg van een verminderde blootstelling aan lood, wat leidt tot een vermeden verlies van IQ-punten bij kinderen van 0 tot 6 jaar. Kosten en baten voor toekomstige generaties zijn volledig meegenomen in de studie door uit te gaan van een oneindige tijdshorizon voor de effecten.

8.2 Resultaat

In Tabel 34 en Tabel 35 geven we voor de zes projectalternatieven weer wat de hoogte is van de maatschappelijke kosten en baten en het saldo daarvan. In de tabellen is de kwalitatieve waardering van het welvaartsverlies vanwege overlast en onrust die wordt veroorzaakt door de maatregelen gepresenteerd als 'minus PM'.

Tabel 34 MKBA-resultaat (1.000 €₂₀₁₆, gediscoteerd), versteende wijk van 25 ha, 3 kinderen/ha

Projectalternatief	1	2	3
Loodgehalte (mg/kg)	865	865	865
Beheersmaatregel	Algemene gebruiksadviezen	Locatiegerichte gebruiksadviezen	Functiegericht saneren
Baten	1.754	12.460	55.175
Kwantitatief gewaardeerde kosten			
<i>Investeringskosten</i>	2	2	6.877
<i>Jaarlijkse kosten</i>	6	28	28
<i>Milieuvervuiling uitstoot schadelijke gassen</i>	0	0	101
<i>Verkeerslachtoffers transport aan- en afvoer grond</i>	0	0	72
Subtotaal gekwantificeerde kosten	8	30	7.079
Kwalitatief gewaardeerde kosten			
Welvaartseffect overlast	Nul	Nul	Negatief
Welvaartseffect onrust	Negatief	Negatief	Negatief
Resultaat inclusief kwalitatief gewaardeerde effecten			
MKBA-resultaat baten-kosten	1.746 minus PM	12.430 minus PM	48.096 minus PM
Verhouding baten/kosten*	≈220	≈414	≈8

Toelichting: Minus PM staat voor de waardering van het welvaartsverlies vanwege overlast en onrust die wordt veroorzaakt door de maatregelen. Die moet worden opgeteld worden afgetrokken van het saldo van de gekwantificeerde effecten.

* In de verhouding baten/kosten is de waardering van onrust en overlast niet meegewogen. Daarom wordt het teken “≈” gebruikt. Dit staat voor: bij benadering.

Tabel 35 MKBA-resultaat (1.000 €₂₀₁₆, gedisconteerd), groene wijk van 25 ha, 3 kinderen/ha

Projectalternatief	4	5	6
Loodgehalte (mg/kg)	370	370	370
Beheersmaatregel	Algemene gebruiksadviezen	Locatiegerichte gebruiksadviezen	Faciliteren
Baten	6.204	15.527	26.885
Kwantitatief gewaardeerde kosten			
<i>Investeringskosten</i>	2	2	374
<i>Jaarlijkse kosten</i>	6	28	28
<i>Milieuvervuiling uitstoot schadelijke gassen</i>	0	0	10
<i>Verkeerslachtoffers transport aan- en afvoer grond</i>	0	0	4
Subtotaal gekwantificeerde kosten	8	30	415
Kwalitatief gewaardeerde kosten			
Welvaartseffect overlast	Nul	Nul	Licht negatief
Welvaartseffect onrust	Negatief	Negatief	Negatief
Resultaat inclusief kwalitatief gewaardeerde effecten			
MKBA-resultaat baten-kosten	6.196 minus PM	15.496 minus PM	26.469 minus PM
Verhouding baten/kosten*	≈779	≈515	≈65

Toelichting: Minus PM staat voor de waardering van het welvaartsverlies vanwege overlast en onrust die wordt veroorzaakt door de maatregelen. Die moet worden opgeteld worden afgetrokken van het saldo van de gekwantificeerde effecten.

* In de verhouding baten/kosten is de waardering van onrust en overlast niet meegewogen. Daarom wordt het teken “≈” gebruikt. Dit staat voor: bij benadering.

De tabellen laten zien dat het saldo van de gekwantificeerde baten van alle maatregelen opweegt tegen de kosten. We gaan ervan uit dat het negatieve welvaartseffect van overlast en onrust in het niet valt tegenover dit positieve saldo. De overlast is namelijk tijdelijk, terwijl de baten zich uitstrekken over meerdere generaties¹².

Wat betreft de onrust constateren we dat de gebruiksadviezen deels bedoeld zijn om een zekere onrust te veroorzaken. Die onrust zet aan tot een gedragsverandering. Op het moment dat het gedrag veranderd wordt en andere maatregelen worden genomen, wordt het risico van de loodvervuiling verminderd. Hierdoor neemt de onrust juist weer af.

De resultaten zijn het meest gevoelig voor de aanname over het aantal kinderen in de woonwijk. Ze blijken minder gevoelig voor het loodgehalte. Hoofdstuk 9 bevat een uitgebreide gevoeligheidsanalyse.

¹² Onze resultaten wijken af van die in de eerder uitgevoerde MKBA bodemsanering door het MNP (2007). Zie voor een verklaring van de verschillen Bijlage I.

8.3 Conclusie

We concluderen dat het MKBA-resultaat van alle maatregelen ruim positief is. Dat betekent dat de welvaart van de burgers verhoogd wordt als de overheid maatregelen neemt om het risico van bodemloos te beheersen ten opzichte van een scenario waarin de overheid die maatregelen niet zou nemen. Dat komt doordat de maatschappelijke baten van de maatregelen, zijnde de vermeden kosten die samenhangen met IQ-verlies, opwegen tegen de maatschappelijke kosten.

Wanneer we rekenen met de genoemde uitgangspunten (drie kinderen per hectare, de uitgangspunten van de typen bewoond gebied, de loodgehalten en de uitwerking van de beheersmaatregelen), dan hebben voor beide uitgangssituaties de duurdere maatregelen in absolute zin het grootste welvaarts-effect. De gebruiksadviezen hebben daarentegen de grootste verhouding tussen de baten en de kosten. In Hoofdstuk 10 gaan we nader in op de beleidsimplicaties deze resultaten.

In Box 9 beschrijven we nader hoe u de twee resultatentabellen kunt gebruiken voor beleidsvorming.

Box 9 Beleidsvorming: vergelijkt u binnen een type bebouwd gebied, of juist tussen?

Bij het rapporteren van de resultaten maken we een onderscheid tussen projectalternatieven die betrekking hebben op de verschillende typen bewoond gebied: versteend of groen. Indien u een beleid vormt voor een specifieke locatie, bijvoorbeeld een locatie die het best beschreven kan worden als een versteende wijk, dan kunt u in de betreffende tabel kijken hoe het MKBA-saldo van maatregelen voor dat gebied zich tot elkaar verhouden. U vergelijkt dan *binnen* een type bebouwd gebied, dus *binnen* een tabel. Indien u nog niet weet voor welke locatie u maatregelen overweegt, kunt u voor het kiezen van een locatie juist vergelijken *tussen* de typen bebouwd gebied, dus *tussen* de tabellen.

9 Gevoeligheidsanalyse

9.1 Inleiding

In deze paragraaf analyseren we de gevoeligheid van onze resultaten voor belangrijke uitgangspunten en aannames. Het gaat dan om uitgangspunten over het loodgehalte in de bodem, de effectiviteit van maatregelen, het aantal kinderen per hectare dat in een gebied woont ('kinddichtheid') en de kosten van maatregelen.

Ook analyseren we het effect van alternatieve aannames over de groei van de bevolking en productiviteitsgroei (op basis van het WLO laag-scenario) op de resultaten. Tenslotte behandelen we de gevoeligheid van de resultaten voor de grootte van het beschouwde gebied.

Uit de analyse volgt dat uitgangspunten over het aantal kinderen in het gebied het grootste effect hebben op de resultaten. De baten nemen één-op-één toe met het aantal kinderen, terwijl de kosten vrijwel niet toenemen.

Het loodgehalte daarentegen heeft geen noemenswaardig effect op het MKBA-saldo.

Verder zien we dat onze resultaten niet omslaan bij alternatieve uitgangspunten over de kosten van maatregelen en de effectiviteit van maatregelen. Ook slaan ze niet om bij alternatieve aannames over de toekomstige groei van de bevolking en productiviteit zoals die is opgenomen in de WLO-scenario's. De resultaten schalen grotendeels mee met de gebiedsgrootte.

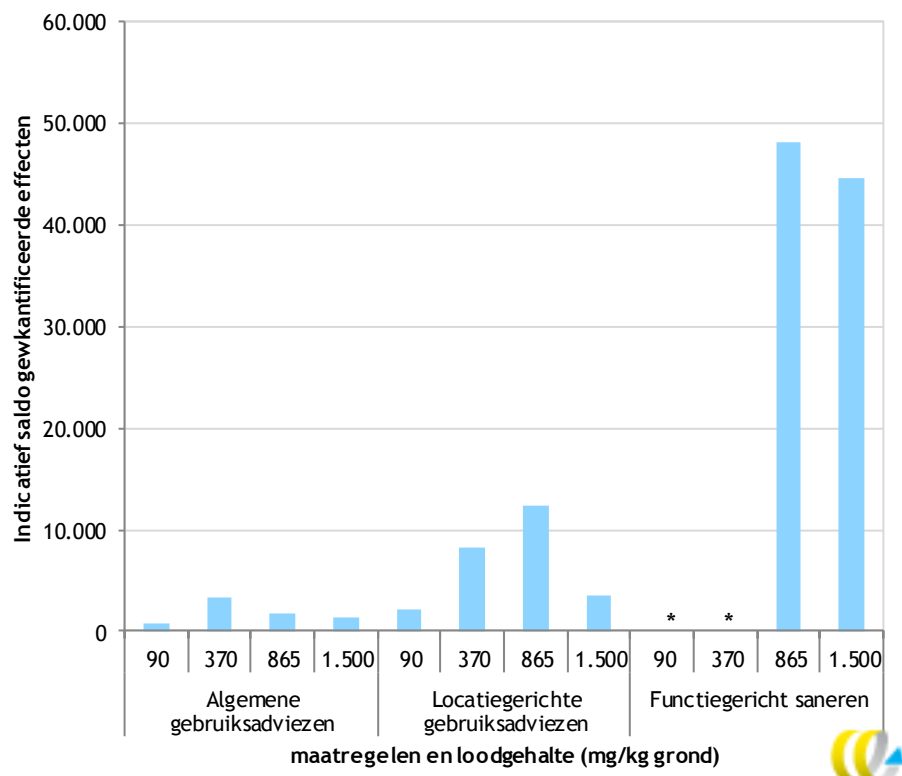
9.2 Gevoeligheid resultaten voor het loodgehalte

We hebben uitgezocht in hoeverre de resultaten veranderen als de loodverontreiniging groter of juist minder groot is dan weergegeven in Tabel 12 en Bijlage C. Dat kunnen we preciezer doen voor de baten dan voor de kosten. We weten hoe de baten variëren met het loodgehalte - vanwege het effect op IQ - maar voor de kosten weten we slechts dat ze voor saneren en faciliteren variëren met het loodgehalte (vanwege verwerkingskosten van grond), maar niet precies hoeveel.

In Figuur 8 en Figuur 9 geven we een indicatie van het saldo van de gekwantificeerde effecten doorgerekend bij andere loodgehalten. We noemen het een indicatie omdat we niet precies weten hoe de kosten variëren met het loodgehalte. We gaan er bij de indicatie van uit dat ze constant blijven.

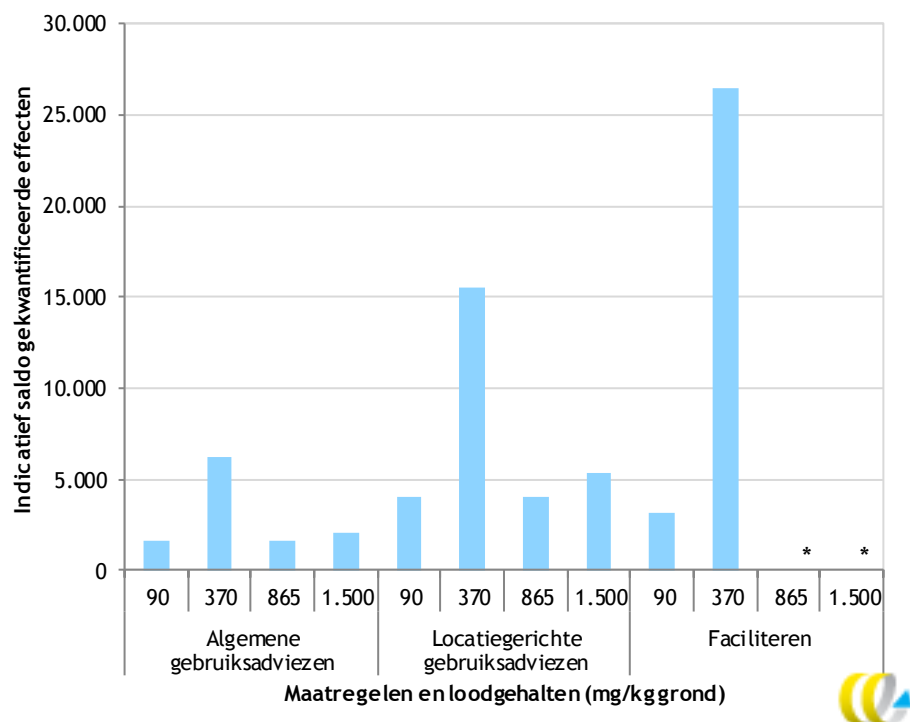
We zien in de figuren dat het MKBA-resultaat van alle varianten positief blijft, ook als we aannemen dat het loodgehalte laag is.

Figuur 8 Indicatie van het saldo gekwantificeerde effecten van maatregelen (1.000 €₂₀₁₆, gediscoteerd), versteende wijk voor verschillen in loodgehalten



* Bij deze lage gehalten hoeft de grond niet te worden gereinigd. Daardoor zijn de saneringskosten veel minder hoog dan bij het loodgehalte waarmee we hebben gerekend in de centrale analyse. Daarnaast achten we saneren bij een loodgehalte van 90 mg/kg geen realistische optie.

Figuur 9 Indicatie van het saldo gekwantificeerde effecten van maatregelen (1.000 €₂₀₁₆, gediscoteerd), groene wijk voor verschillen in loodgehalten



* Voor deze hoge loodgehalten hebben we geen kosten voor faciliteren berekend. Deze zijn hoger dan in de centrale analyse omdat aannemers onder veiligheidscondities moeten werken en afgevoerde grond gereinigd moet worden.

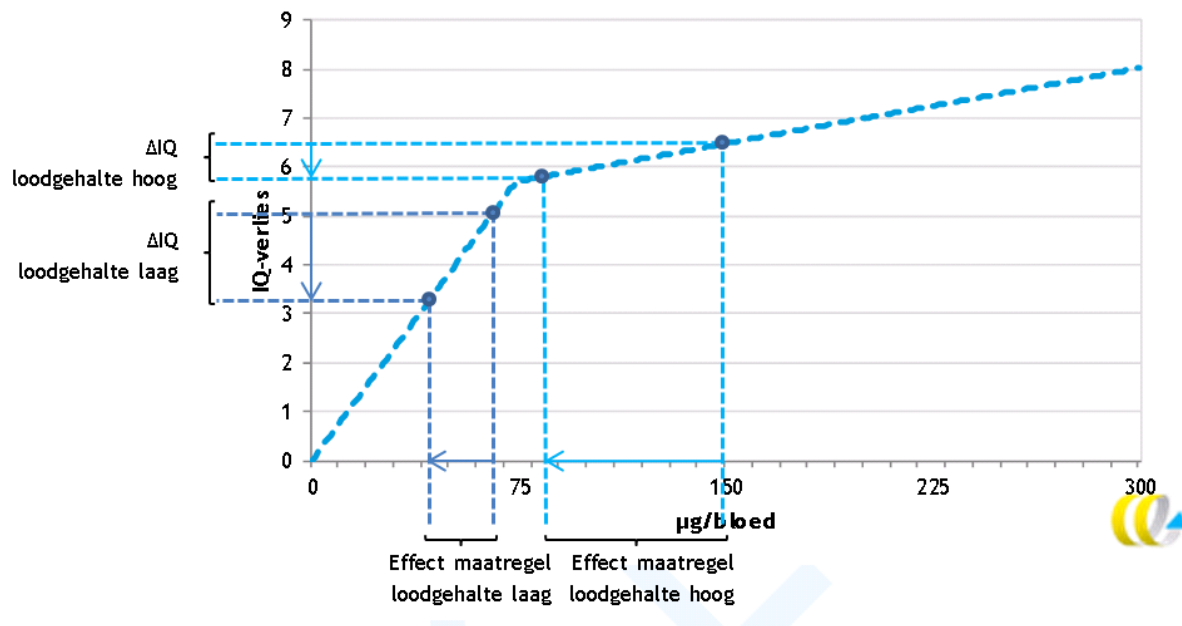
Op basis van de figuren constateren we dat een toename van het loodgehalte niet altijd leidt tot een toename van de baten. Dat komt doordat vooral in een schonere omgeving (waarbij kinderen minder blootgesteld zijn aan lood) een toename of afname van de blootstelling een relatief sterk effect heeft op het IQ. Daardoor lonen maatregelen ook in wijken met lagere loodgehalten.

Technisch gezien wordt dit tegen-intuïtieve resultaat veroorzaakt door twee niet-lineaire verbanden die liggen achter de relatie tussen het loodgehalte en IQ-punten verlies: 1. Die tussen blootstelling aan lood en de loodbloedwaarde; en 2. Die tussen loodbloedwaarde en IQ. We lichten ze hieronder toe:

1. Het verband tussen de blootstelling aan lood (neemt één-op-één toe met het loodgehalte) en de loodbloedwaarde wordt gekenmerkt door een kromme (zie Paragraaf 5.3) die steeds minder steil wordt bij hogere blootstelling. Dat betekent dat bij een lage blootstelling het effect van een *afname* van de blootstelling (door beheersmaatregelen) op het loodbloedgehalte groter is dan bij een hogere blootstelling.
2. Een belangrijk kenmerk van het verband tussen loodbloedwaarde en IQ is dat bij lage concentraties lood in het bloed, de curve steiler is (zie Paragraaf 5.4). Dat betekent dat juist bij lage concentraties het effect van een afname van de concentratie (bijvoorbeeld door beheersmaatregelen) op het IQ groot is, terwijl dat voor hogere concentraties (boven $75 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}}$) kleiner is.

In Figuur 10 staat een illustratie van hoe het tegen-intuïtieve resultaat ontstaat op basis van de twee verbanden die hierboven geschetst zijn. De figuur is op basis van de relatie tussen loodbloedwaarde en IQ-verlies uit Paragraaf 5.4. De steilere curve bij lage loodgehalten, zorgt voor een groot effect van maatregelen op het IQ-verlies bij lage loodgehalten. De minder steile curve bij hoger loodgehalte zorgt voor een klein effect van maatregelen bij hoge loodgehalten.

Figuur 10 Illustratie van afname baten bij toename loodgehalte



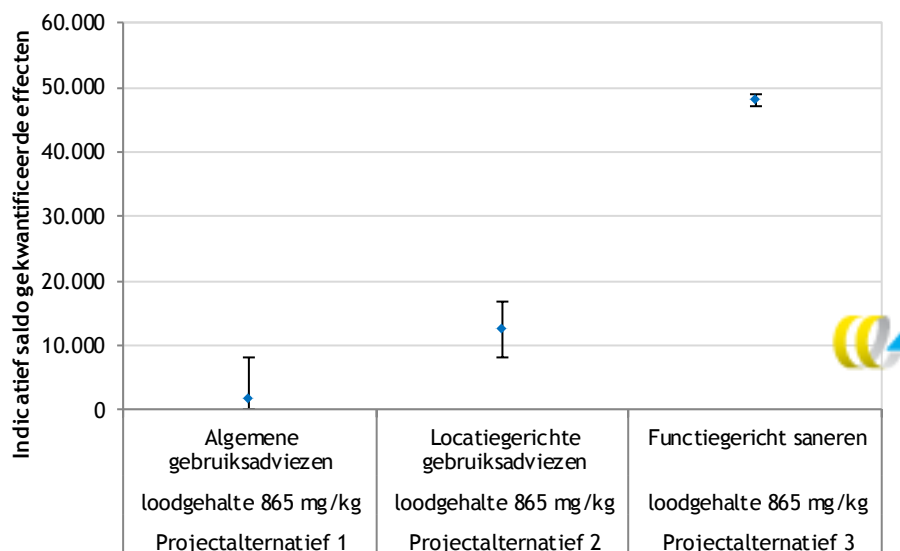
9.3 Gevoeligheid resultaten voor de effectiviteit maatregelen

In de centrale analyse rekenen we met de middenwaarden uit de effectiviteitsbandbreedte in Tabel 10. We hebben geanalyseerd hoe gevoelig onze uitkomsten zijn voor meer pessimistische aannames (de ondergrens van de bandbreedte voor effectiviteit) en meer optimistische aannames (de bovengrens van de bandbreedte voor effectiviteit), zie navolgende figuren. Het blijkt dat:

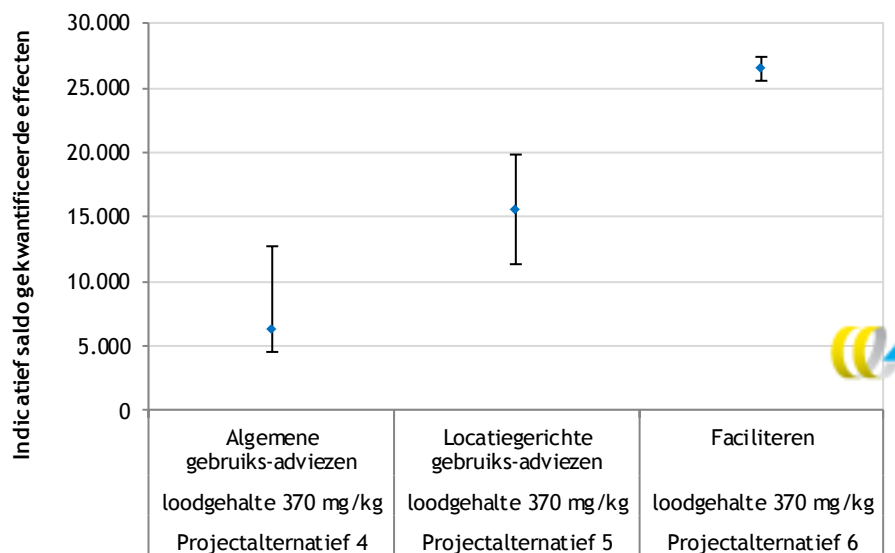
- Het MKBA-resultaat van alle varianten positief blijft, ook als we aannemen dat de effectiviteit van de maatregelen laag is.
- Een hogere effectiviteit leidt tot hogere baten omdat er na de invoering van maatregelen minder blootstelling is.
- Een hogere effectiviteit leidt tot hogere kosten bij faciliteren (meer mensen doen mee) en saneren (idem, maar dat zijn er maar een paar extra).
- Bij projectalternatieven waarin als maatregel gebruikadviezen worden genomen, zijn de verschillen in het saldo bij een verschillende effectiviteit relatief groot. De reden is dat er een grote bandbreedte in de geschatte effectiviteit van de maatregel zit.

In Figuur 11 en Figuur 12 geven we een indicatieve schatting van de bandbreedte. De schatting is indicatief omdat we onvoldoende informatie hebben om de kosten te kunnen inschatten bij verschillende niveaus van effectiviteit.

Figuur 11 Indicatieve bandbreedte van het saldo van de gekwantificeerde effecten van maatregelen (1.000 €₂₀₁₆, gediscoteerd), versteende wijk, bij verschillen in effectiviteit van maatregelen



Figuur 12 Indicatieve bandbreedte van het saldo van de gekwantificeerde effecten van maatregelen (1.000 €₂₀₁₆, gediscoteerd), groene wijk, bij verschillen in effectiviteit van maatregelen



9.4 Gevoeligheid resultaten voor het aantal kinderen per hectare

Op basis van CBS-statistieken¹³ hebben we voor een groot aantal regio's/wijken het aantal kinderen (leeftijd 0-6) per hectare kunnen schatten. Dat aantal varieert van kleiner dan 0,5 tot 20.

De baten van de maatregelen zijn zeer gevoelig voor het aantal kinderen/ha: het aantal kinderen varieert evenredig met de baten. Dus als het aantal kinderen verdubbelt, verdubbelen ook de baten.

In de centrale analyse wordt gerekend met een aantal kinderen/ha van 3. Het is mogelijk om de baten van een ander aantal kinderen/ha berekenen door de baten in de centrale analyse te delen door 3 en vervolgens te vermenigvuldigen met het aantal kinderen/ha dat van toepassing is op uw specifieke situatie.

Voorbeeld: groene wijk, aantal kinderen per ha =1

Hieronder geven we een rekenvoorbeeld van hoe u het MKBA-saldo kunt berekenen voor een wijk met 1 kind per hectare:

Stap 1. Kosten overnemen uit Tabel 35

U neemt de kosten over uit het hoofdstuk MKBA-resultaat, Tabel 35.

Stap 2. Baten uit Tabel 35 delen door 3

De baten worden (zie de tabel hieronder):

Tabel 36 Baten (1.000 €₂₀₁₆, gediscoteerd), groene wijk van 25 ha, 1 kind/ha

Nummer	Beheersmaatregel	Baten
4	Algemene gebruiksadviezen	2.068
5	Locatiegerichte gebruiksadviezen	5.176
6	Faciliteren	8.962

¹³ Het gaat om een combinatie van kerncijfers wijken en buurten 2013, cijfers over de bevolking per gemeente naar leeftijd en cijfers over het bodemgebruik van gemeenten.

Stap 3. Uitrekenen MKBA-resultaat

Het MKBA-resultaat bij 1 kind/ha geven we weer in Tabel 37:

Tabel 37 MKBA-resultaat (1.000 €₂₀₁₆, gedisconteerd), groene wijk van 25 ha, 1 kind/ha

Projectalternatief	4	5	6
Loodgehalte (mg/kg)	370	370	370
Beheersmaatregel	Algemene gebruiksadviezen	Locatiegerichte gebruiksadviezen	Faciliteren
Baten	2.068	5.176	8.962
Kwantitatief gewaardeerde kosten			
Investeringskosten	1	1	373
Jaarlijkse kosten	3	25	25
Milieuvervuiling uitstoot schadelijke gassen	0	0	10
Verkeerslachtoffers transport aan- en afvoer grond	0	0	4
Subtotaal gekwantificeerde kosten	4	27	412
Kwalitatief gewaardeerde kosten			
Welvaartseffect overlast	Nul	Nul	Licht negatief
Welvaartseffect onrust	Negatief	Negatief	Negatief
Resultaat inclusief kwalitatief gewaardeerde effecten			
MKBA-resultaat baten-kosten	2.063 minus PM	5.149 minus PM	8.550 minus PM
Verhouding baten/kosten*	≈464	≈194	≈22

Toelichting: Minus PM staat voor de waardering van het welvaartsverlies vanwege overlast en onrust die wordt veroorzaakt door de maatregelen. Die moet worden opgeteld worden afgetrokken van het saldo van de gekwantificeerde effecten.

* In de verhouding baten/kosten is de waardering van onrust en overlast niet meegewogen. Daarom wordt het teken “≈” gebruikt. Dit staat voor: bij benadering.

Bij een beperkt aantal kinderen/ha (bijvoorbeeld in veenweidegebieden) loont het niet meer om duurdere maatregelen als saneren of faciliteren te nemen, maar hebben gebruiksadviezen een groter positief effect op de welvaart. We hebben berekend bij welk aantal kinderen/ha de voorkeur omslaat, wanneer alle andere uitgangspunten uit deze studie gelijk blijven. Het precieze omslagpunt hangt af van aannames over de toekomstige ontwikkelingen van de groei van de bevolking en het inkomen. We hebben dat geanalyseerd voor een toekomstscenario met een grotere groei van de bevolking en het inkomen (WLO hoog) en een scenario met een lage groei (WLO laag). Zie voor de aannames Box 5 in Paragraaf 2.4. In Tabel 38 geven we weer waar het omslagpunt ligt.

Tabel 38 Aantal kinderen/ha waarvoor het grootste MKBA-saldo omslaat naar gebruiksadviezen

Type bewoond gebied	Omslagpunt bij toekomstscenario:	
	WLO hoog	WLO laag
Versteend (saneren -> locatiegerichte gebruiksadviezen)	0,5	1,3
Groen (faciliteren -> locatiegerichte gebruiksadviezen)	0,2	0,4

Uit Tabel 38 leiden we af dat in een versteend gebied, het maatschappelijk saldo van locatiegerichte gebruiksadviezen boven dan van saneren ligt, als het

aantal kinderen/ha lager komt dan 0,5 (bij toekomstscenario WLO hoog) tot 1,3 (bij toekomstscenario WLO laag).

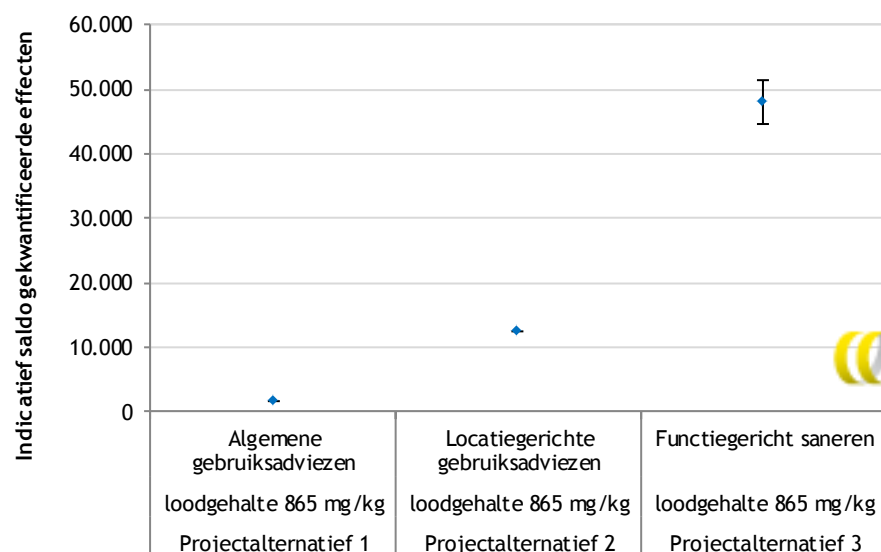
We concluderen dat tot circa 1 kind per ha saneren meer lonend is dan locatiegerichte gebruiksadviezen, en tot circa 0,3 kind/ha faciliteren meer lonend is dan locatiegerichte gebruiksadviezen.

9.5 Gevoeligheid resultaten voor de kosten van maatregelen

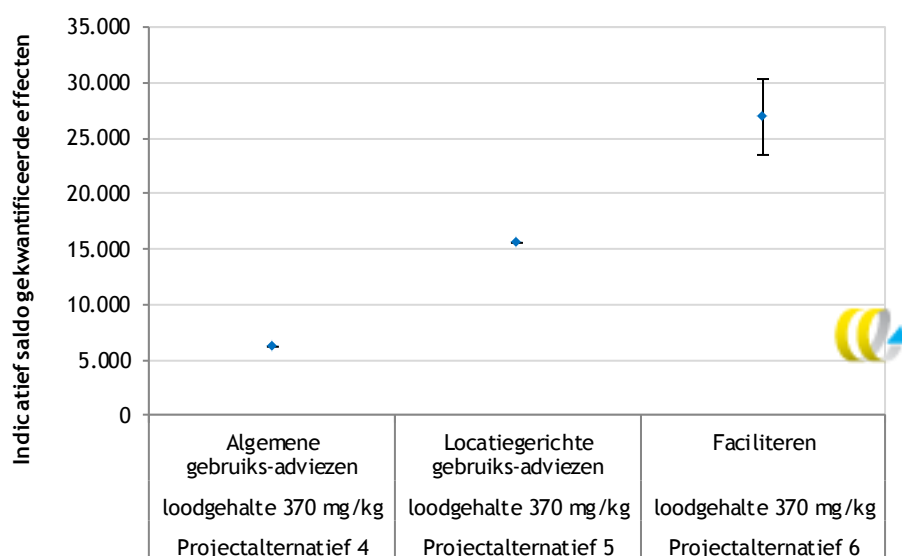
Om de gevoeligheid van de resultaten voor de kosten in te schatten, laten we kosten variëren met bandbreedte van 0,5 tot 1,5 maal de kosten waarmee we hebben gerekend in de centrale analyse. Die bandbreedte reflecteert bijvoorbeeld onzekerheid in kosten/m² van een maatregel, het aantal m² tuinen of kinderspeelplaatsen of de hoogte van kosten voor gebiedsbrede maatregelen (bijvoorbeeld communicatiemaatregelen). In de navolgende figuren geven we een overzicht waaruit blijkt dat voor alle maatregelen de baten groter zijn dan de gekwantificeerde kosten, ook bij alternatieve aannames over de kosten.

De extra of verminderde kosten tellen één-op-één door in het MKBA-resultaat. Echter, in werkelijkheid zal de bandbreedte een stuk minder groot zijn. Dat komt omdat nooit alle parameters 0,5 of 1,5 keer zo duur uitpakken, waardoor op gebiedsniveau de verschillende afwijkingen tegen elkaar uitmiddelen.

Figuur 13 Bandbreedte van het saldo van de gekwantificeerde effecten van maatregelen (1.000 €₂₀₁₆, gediscoteerd), versteende wijk, voor alternatieve aannames over de kosten van maatregelen



Figuur 14 Indicatieve bandbreedte van het saldo van de gekwantificeerde effecten van maatregelen (1.000 €₂₀₁₆, gediscoteerd), groene wijk, voor alternatieve aannames over de kosten van maatregelen



9.6 Gevoeligheid resultaten voor het toekomstscenario

In de centrale analyse hanteren we aannames over bevolkingsgroei en de inkomensgroei die volgen uit het WLO-scenario hoog. In deze paragraaf analyseren we hoe de resultaten veranderen als er alternatieve aannames worden gehanteerd (zie voor de aannames Box 5 in Paragraaf 2.4). We concluderen dat het MKBA-resultaat van alle maatregelen positief blijft, ook in een scenario waarin zowel de bevolking als de inkomens minder snel groeien.

In de centrale analyse zijn we uitgegaan van de bevolkingsgroei en productiviteitsgroei zoals die is aangenomen in het WLO-scenario hoog. Die zijn hoger dan in het alternatieve toekomstscenario WLO laag. Het grootste verschil zit hem in de groei van de bevolking. In WLO hoog groeit de bevolking, terwijl die in WLO laag daalt.

Tabel 39 Projectalternatieven en resultaten bij WLO hoog en WLO laag (1.000 €₂₀₁₆, gediscoteerd), wijk van 25 ha, 3 kinderen/ha

Uitgangssituatie	Maatregel	MKBA-resultaat	
		Centrale analyse: WLO hoog	Alternatief: WLO laag
Versteende wijk met 865 mg/kg bodemlood	Algemene gebruiksadviezen	1.746 minus PM	730 minus PM
	Locatiegerichte gebruiksadviezen	12.430 minus PM	5.210 minus PM
	Functiegericht saneren	48.096 minus PM	14.972 minus PM
Groene wijk met 370 mg/kg bodemlood	Algemene gebruiksadviezen	6.196 minus PM	2.601 minus PM
	Locatiegerichte gebruiksadviezen	15.496 minus PM	6.500 minus PM
	Faciliteren	26.469 minus PM	9.876 minus PM

Toelichting: Minus PM staat voor de waardering van het welvaartsverlies vanwege overlast en onrust die wordt veroorzaakt door de maatregelen. Die moet worden afgetrokken van het saldo van de gekwantificeerde effecten.

9.7 Gevoeligheid van de resultaten voor de gebiedsgrootte

De resultaten zijn goed schaalbaar naar de oppervlakte van de wijk (bijvoorbeeld aantal hectares) waarop de maatregelen betrekking hebben. Daarbij moet wel in acht worden genomen dat er sprake is van enige mate van schaalvoordelen. De kosten van communicatiemaatregelen variëren vrijwel niet met de grootte van het gebied: de maatregel kan gemakkelijk voor een gehele gemeente worden uitgerold. De kosten van saneren kunnen dalen naarmate een groter gebied wordt aangepakt, vanwege voordeligere tarieven bij aannemers, maar kunnen stijgen in moeilijke bereikbare wijken. De kosten van faciliteren zullen niet veel variëren bij een groter of kleiner gebied, aangezien tuinen niet allemaal tegelijk worden aangepakt en de kosten van de gemeente (verwerking grond) beperkt schaalvoordeel kent. De baten schalen één-op-één mee met de grootte van het gebied. Dat geldt ook voor de onrust, overlast, milieuvervuiling en het aantal verkeersslachtoffers.

9.8 Conclusie

Op basis van de gevoeligheidsanalyse trekken we de volgende conclusies:

- De resultaten zijn het meest gevoelig voor het aantal kinderen per hectare van het gebied waarvoor maatregelen worden overwogen. Redenen hiervoor zijn dat het aantal kinderen dat wordt blootgesteld één-op-één doortelt in de baten die gezondheidswinst van deze kinderen opleveren, en dat het aantal kinderen/ha sterk kan variëren tussen bewoonde gebieden (we vonden waarden van kleiner dan 0,5 tot 20 kinderen/ha op basis van CBS-statistieken).
- De kosten zijn een andere belangrijke post. Ook die tellen één-op-één door in het MKBA-resultaat. Maar de variatie daarin (op basis van de onzekerheid in de kostenschatting) is een stuk minder groot: van 50% van de centrale waarde tot 150% daarvan voor individuele parameters, maar op gebiedsniveau middelen die meestal uit waardoor een kleinere bandbreedte verwacht mag worden. Het saldo van kosten en baten slaat niet om bij meer conservatieve aannames over de kosten.
- Een hoger loodgehalte in de bodem leidt niet altijd tot grotere baten van maatregelen. Dat komt doordat het verband tussen blootstelling (één-op-één met het loodgehalte) en IQ-verlies bij lage gehalten veel steiler is dan bij hoge gehalten.
- In redelijk kinderrijke woonwijken (3 kinderen per hectare, zoals in de centrale analyse in dit rapport), zijn de baten van de maatregelen groot. Ze zijn zelfs zo groot dat ook bij de meest conservatieve aannames over de effectiviteit van maatregelen die in deze studie zijn beschouwd, alle maatregelen een positief maatschappelijk saldo kennen.
- Faciliteren en saneren lonen volgens onze uitgangspunten alleen in kinderrijke wijken (saneren: meer dan circa 1 jong kind per hectare, faciliteren: meer dan circa 0,3 jong kind per hectare) of op plaatsen waar veel kinderen spelen.
- Over de effectiviteit van zowel algemene als locatiegerichte gebruiksadviezen is weinig bekend. Deze onzekerheid reflecteren we in deze MKBA door een grote bandbreedte aan te houden voor de effectiviteit. We bevelen aan om hiernaar meer onderzoek te doen, zeker om dat deze maatregelen in potentie een hoge baten/kosten verhouding hebben.
- Het MKBA-saldo slaat niet om voor een alternatief toekomstscenario met een lagere groei van de bevolking en de inkomens.

- De resultaten zijn goed schaalbaar naar de grootte van de wijk waarop de maatregelen betrekking hebben. Daarbij moet wel in acht worden genomen dat er sprake is van enige mate van schaalvoordelen.

10 Conclusie voor beleidsmakers

De aanwezigheid van (diffuse) loodverontreiniging in bewoond gebied leidt tot gezondheidsrisico's. Bij het gebruik van een met lood vervuilde bodem als tuin, moestuin, kinderspeelplaats en openbaar groen zijn mensen blootgesteld aan de loodverontreiniging. Kinderen tussen 0 en 6 jaar zijn extra gevoelig voor lood. Loodinname leidt bij deze groep tot intelligentieverlies.

Gebruik van deze MKBA door beleidsmakers

In deze studie staat de vraag centraal op welke wijze het vanuit maatschappelijk oogpunt wenselijk is om het risico van diffuse loodverontreiniging te beheersen. Deze maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) is een hulpmiddel om die vraag te beantwoorden. De MKBA kan bijvoorbeeld gebruikt worden bij het formuleren van een gemeentelijk beleidskader voor het beheer van wijken met een diffuse loodverontreiniging. Een MKBA is een hulpmiddel voor het identificeren en afwegen van concrete maatregelenpakketten om gezondheidsrisico's van bewoners te beperken.

Aard van het risico van diffuus lood

Uit recente analyses van de European Food Safety Authority blijkt dat blootstelling aan lood, ook bij lagere gehalten, schadelijke effecten heeft op de gezondheid van jonge kinderen (tot 6 jaar) in de vorm van intelligentieverlies. Het gezondheidsrisico kent geen drempelwaarde voor het loodgehalte. Lood komt als gevolg van jarenlang menselijk handelen op veel plaatsen in de bodem als diffuse bodemverontreiniging voor. Kinderen worden blootgesteld aan lood in de bodem, bijvoorbeeld doordat zij vervuilde gronddeeltjes binnen krijgen tijdens het spelen. Het lood komt vervolgens in het bloed en verspreidt zich naar verschillende delen van het lichaam. Lood wordt daar in beperkte mate uitgescheiden. Het blijft jarenlang in het lichaam aanwezig en kan op de langere termijn gevolgen hebben.

Diffuse bodemverontreiniging door lood komt frequent voor, vooral in oude binnensteden. Loodgehalten kunnen variëren van hoog tot laag en sterk verschillen tussen nabijgelegen locaties (bijvoorbeeld tussen naburige tuinen). De laatste jaren zijn veel bronnen van loodopname in de bodem (loodhoudende benzine, verf, waterleidingen) sterk teruggebracht, waardoor ook de achtergrondblootstelling via voeding is gedaald. Diffuse verontreiniging is echter nog op veel plaatsen in Nederland aanwezig.

Het gezondheidseffect treedt op bij ieder gehalte aan loodverontreiniging in de bodem, ook bij gehalten onder de interventiewaarde uit de Wet bodembescherming. Het RIVM en de GGD adviseren om, op plaatsen waar kinderen in contact kunnen komen met bodemlood, maatregelen te nemen om de blootstelling terug te brengen tot een niveau dat zo laag is als redelijkerwijs mogelijk. De nieuwe inzichten over de risico's roepen de vraag op wat, vanuit maatschappelijk oogpunt, de beste manier is om het risico van diffuse loodverontreiniging te beheersen. In deze studie zijn de maatschappelijke kosten en baten geanalyseerd van maatregelen om de risico's van (diffuse) loodverontreiniging in de bodem te beheersen.

Aanpak

Om de risico's in bewoonde gebieden met diffuse loodverontreiniging te beperken, kunnen gemeenten samen met bewoners verschillende maatregelen in het bodembeheer treffen. In deze studie zijn de maatschappelijke kosten en baten geanalyseerd van een aantal beheersmaatregelen in twee fictieve woonwijken ter grootte van 25 hectare, waarin 3 kinderen per hectare wonen. Voorbeelden van wijken met 3 kinderen/ha zijn te vinden in de grote steden (Rotterdam, bijvoorbeeld Schiebroek; Eindhoven, bijvoorbeeld Drents Dorp) maar ook in andere steden en dorpen (bijvoorbeeld Lingewaard: Zilverkamp, Heerenveen: De Greiden, Voorschoten: Bijdorp)¹⁴. Het gemiddeld aantal kinderen/ha in Nederlandse woonwijken is 2,3.

Om de kosten en baten vergelijkbaar te maken, zijn deze zoveel mogelijk in euro's uitgedrukt.

We hebben twee omgevingsscenario's opgesteld op basis van type bewoond gebied en loodgehalte in de bodem:

- een versteende wijk met een loodgehalte van 865 mg/kg;
- een groene wijk met een loodgehalte van 370 mg/kg.

Versteende wijken zijn vooral te vinden in bijvoorbeeld binnensteden en centra. Willekeurige voorbeelden zijn Kampen binnenstad en Utrecht Overvecht. Groene wijken zijn bijvoorbeeld te vinden in Vinex-wijken, buitenwijken en lintbebouwing. Voorbeelden zijn: Ootmarsum centrum en Dordrecht Krispijnse Driehoek¹⁵.

Voor die twee omgevingsscenario's zijn de kosten en baten van de volgende maatregelen doorgerekend:

- algemene gebruiksadviezen conform aanbevelingen van RIVM (2015) en GGD (2016), onder andere regelmatig handen wassen en zandbak in eigen tuin aanleggen;
- locatiegerichte gebruiksadviezen conform aanbevelingen van RIVM (2015) en GGD (2016), gericht op specifieke doelgroepen en probleemhebbers;
- faciliteren (alleen doorgerekend bij een groene wijk), door het stimuleren van particuliere aanpak van eigen tuinen en het herinrichten van plaatsen waar kinderen spelen;
- functiegericht saneren (alleen doorgerekend bij de versteende wijk), door in tuinen, moestuinen en plaatsen waar kinderen spelen een bodemsanering uit te voeren.

De kosten van de maatregelen bestaan uit directe en indirecte kosten die met de maatregelen gepaard gaan. Directe kosten zijn investeringskosten en periodiek terugkerende kosten. Indirecte kosten zijn overlast, onrust, milieuvervuiling bij transport en verwerking van de grond, en verkeersslachtoffers bij het transport van de grond. De baten bestaan uit gezondheidswinst als gevolg van een verminderde blootstelling aan lood: een vermeden verlies van IQ-punten bij kinderen van 0 tot 6 jaar. Kosten en baten voor toekomstige generaties zijn volledig meegenomen in de studie door uit te gaan van een oneindige tijdshorizon voor de effecten.

¹⁴ We zeggen hiermee niets over de aanwezigheid van hoge of lage loodgehalten in de bodem, wel over het aantal kinderen per hectare. Gemiddeld wonen er in woonwijken 2,3 kinderen per hectare.

¹⁵ We zeggen hiermee niets over de aanwezigheid van hoge of lage loodgehalten in de bodem, wel over het type wijk.

Conclusies en lessen uit deze studie

De volgende conclusies en aanbevelingen zijn relevant voor beleidsmakers:

- Alle geanalyseerde maatregelen om het risico van bodemlood te beheersen hebben een maatschappelijk positief saldo. De maatregelen lonen dus vanuit maatschappelijk perspectief. Omdat de baten groter zijn dan de kosten, bevelen we aan om actief beleid te voeren om risico's van bodemlood te beheersen.
- In absolute zin hebben de maatregelen faciliteren en saneren het grootste saldo. De baten/kosten verhouding is het meest gunstig voor de gebruiksadviezen. Er is dus een maatschappelijke voorkeur voor gericht saneren of faciliteren, maar daar waar financieringsmogelijkheden voor de duurdere maatregelen beperkt zijn, kunnen gebruiksadviezen worden afgegeven. Hierbij geldt dat locatiegerichte gebruiksadviezen in vrijwel alle gevallen een groter positief effect op de welvaart hebben dan algemene gebruiksadviezen, van de gebruiksadviezen hebben locatiegerichte gebruiksadviezen dus de voorkeur. Wel geven we aan dat om permanente effecten te realiseren, gebruiksadviezen en communicatie een structureel karakter moeten hebben. Gemeenten kunnen dus niet volstaan met het geven van een eenmalig advies aan bewoners.
- De baten van de maatregelen zijn in feite vermeden kosten. Geen maatregelen nemen kost de maatschappij dus dagelijks geld.
- Bij het nemen van alle genoemde maatregelen ontstaan overlast en onrust. Die moeten worden betrokken bij een politieke afweging om al dan niet maatregelen te nemen. Onze inschatting is dat de maatregelen lonen, ondanks de onrust en overlast die zij veroorzaken.
- Een andere factor die betrokken kan worden bij de afweging is de verdeling van de kosten en de baten. De kosten gaan voor de baten uit. De kosten van de maatregelen saneren en faciliteren worden grotendeels gedragen door de gemeente en haar inwoners, terwijl een groot deel van de baten toekomt aan toekomstige generaties. Voor de gebruiksadviezen zijn de kosten en baten gelijk verdeeld over generaties.
- De MKBA bevat een oneindige tijdshorizon. Toekomstige opbrengsten tellen hierdoor relatief sterk mee ten opzichte van eenmalige investeringen bij bijvoorbeeld saneren en faciliteren. Bij een kortere termijn nemen de baten af (bij een termijn van 30 jaar met een factor 3), maar blijft het saldo van alle maatregelen positief.
- De belangrijkste factor die het maatschappelijk saldo beïnvloedt, is het aantal kinderen dat woont in een wijk. Gebruiksadviezen lonen vrijwel altijd. Faciliteren en saneren lonen alleen in kinderrijke wijken (saneren: meer dan circa 1 jong kind per hectare, faciliteren: meer dan circa 0,3 jong kind per hectare; bij de gehanteerde uitgangspunten) of op plaatsen waar veel kinderen spelen.
- Uit de studie blijkt dat het maatschappelijk saldo van maatregelen niet hoeft toe te nemen bij een toenemend loodgehalte. Sterker: het maatschappelijk saldo van dezelfde maatregel bij een lager gehalte kan groter zijn dan bij een hoger gehalte. Dat komt doordat in een meer vervuilde omgeving de blootstelling weliswaar groter is, maar daar heeft een toename of afname van de blootstelling relatief een minder sterk effect op het IQ. In een schonere omgeving (waarbij kinderen minder blootgesteld zijn aan lood) heeft een toename of afname van de blootstelling een relatief sterk effect op het IQ. Daardoor lonen maatregelen ook in wijken met lagere loodgehaltes. Indien men wel weet dat er lood in de grond aanwezig is, maar niet precies hoeveel, verdient het aanbeveling om een start te maken met het uitvoeren van (één of meerdere) beheersmaatregelen in plaats van een (lang) onderzoekstraject af te wachten naar de precieze loodgehalten. Bij de door ons gehanteerde

uitgangspunten (bodemgebruik en aantal kinderen/ha) lonen maatregelen zowel bij lage als bij hoge loodgehalten.

- We hebben de effectiviteit van de beheersmaatregelen ingeschat met *expert judgement*, omdat hiervoor geen wetenschappelijk onderzoek bekend is. Ook bij de meest conservatieve aannames blijft het maatschappelijk saldo positief.
- We hebben de kosten van beheersmaatregelen ingeschat op basis van ervaringsgetallen. Ook bij de meest conservatieve aannames blijft het maatschappelijk saldo positief.
- Een groot deel van het succes van maatregelen hangt af van de medewerking van burgers. Ouders van jonge kinderen moeten de gebruiksadviezen opvolgen (bijvoorbeeld handen wassen, zandbak aanleggen). Tuineigenaren moeten toestemming geven voor een sanering of (bij faciliteren) zelf hun tuin aanpakken. De overheid moet haar communicatie zo inrichten dat ze een maximaal bereik heeft onder deze groep.
- Het grootste deel van de totale blootstelling aan lood binnen een wijk/gebied wordt veroorzaakt in tuinen en op plaatsen waar kinderen spelen; maatregelen die daar de blootstelling verminderen hebben daarom het meeste effect. De kosten voor aanpak van plaatsen waar kinderen spelen zijn vanwege de beperkte oppervlakte relatief laag. Gezien de combinatie van hoge blootstelling en lage kosten, hebben de maatregelen saneren en faciliteren op deze locaties een relatief gunstige baten/kostenverhouding.
- Bij het ontwikkelen van beleid voor beheersing van risico's van loodverontreiniging in de bodem, bevelen we aan om gebiedsgericht te denken. Kinderen komen op verschillende locaties in wijken, waardoor het aanpakken van één locatie veel minder effectief is dan het aanpakken van meerdere gevoelige locaties in een wijk. Het toepassen van een combinatie van beheersmaatregelen is daarbij ook mogelijk.
- De keuze voor de combinatie aan maatregelen hangt af van hoeveel kinderen er wonen in de wijk en de beschikbaarheid van budget. In kinderrijke wijken (zoals bij de analyse in deze MKBA) leveren duurdere maatregelen als saneren en faciliteren de meeste welvaart op. Indien het budget toereikend is, zouden plaatsen waar kinderen spelen en tuinen moeten worden aangepakt door saneren en faciliteren; in wijken met de door ons gehanteerde uitgangspunten ook bij loodgehalten onder de interventiewaarde. Indien budget een belemmering vormt, zouden plaatsen waar kinderen spelen bijvoorbeeld aangepakt kunnen worden via saneren of faciliteren, en tuinen met locatiegerichte gebruiksadviezen.

11 Bibliografie

Bellanger, M. et al., 2013. Economic benefits of methylmercury exposure control in Europe: Monetary value of neurotoxicity prevention. Environmental Health , Issue Online.

Bierkens, J. G. E. A., 2013. Societal benefits from EU reduction measures to decrease lead levels in the environment; Combining results from the EU funded projects INTARESE and HEIMTSA. E3S Web of Conferences, 1(38002).

CE Delft; VU, 2014. Externe en infrastructuurkosten, een overzicht voor Nederland in 2010, Delft ; Amsterdam: CE Delft ; VU.

CE Delft, 2010. Handboek Schaduwprizen : Waardering en weging van emissies en milieueffecten, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2016. STREAM Goederenvervoer 2016: Emissies van modaliteiten in het goederenvervoer, Delft: CE Delft.

CE Delft, te verschijnen. Werkwijzer voor MKBA's op het gebied van milieu, Delft: CE Delft.

CPB; PBL, 2015a. Maatschappelijke Kosten en Baten Prijsbeleid Personenauto's, notitie, Den Haag: Centraal Planbureau (CPB), Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

CPB; PBL, 2015b. Welvaart en Leefomgeving 2015. [Online] Online beschikbaar: www.wlo2015.nl [Geopend 2017].

CPB; PBL, 2013. Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse, Den Haag: Centraal Planbureau (CPB); Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

CSO, 2011. Tussentijdse Bodemkwaliteitskaarten : Evaluatie in het kader van het Besluit Bodemkwaliteit, Bunnik: CSO Adviesbureau voor Milieu-Onderzoek B.V..

EFSA CONTAM, 2010. Scientific Opinion on Lead in Food. EFSA Journal, 8(4), p. 1570.

EPA, 1998. Lead; Identification of Dangerous Levels of Lead, 40 CFR Part 745. Federal Register, 63(106), pp. 30302-30355.

Espagnol, P. & Prouchandy, P., 2007. La scolarisation des enfants et adolescents handicapés. Études et Resultats, 564(Mars).

GGD-projectgroep bodem, 2016. Aanvullend advies met informatie voor GGD-adviseurs gezondheid en milieu, sl: GGD GHOR Kennisnet.

Gould, E., 2009. Childhood lead poisoning: conservative estimates of the social and economic benefits of lead hazard control. Environmental Health Perspectives, 117(7), pp. 1162-1167.

Grosse, S., Matte, T., Schwartz, J. & Jackson, R., 2002. Economic gains resulting from the reduction in children's exposure to lead in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 110(6), pp. 563-569.

Lutter, R., 2001. Getting the lead out cheaply: a review of the EPA's proposed residential lead hazard standards. *Environmental Science & Policy*, 4(1), pp. 13-23.

MNP, 2007. Maatschappelijke kosten en batenanalyse van de Nederlandse bodemsaneringsoperatie, Bilthoven: Milieu en Natuur Planbureau (MNP).

Muir, T. & Zegarac, M., 2001. Societal costs of exposure to toxic substances: economic and health costs of four case studies that are candidates for environmental causation. *Environmental Health Perspectives*, 109 (suppl. 6), pp. 885-903.

Nedellec, V., 2016. Costs of Health Damage from Atmospheric Emissions of Toxic Metals: Part 1—Methods and Results. *Risk Analysis*, 36(11), pp. 2081-2095.

Nevin, R., 2007. Understanding international crime trends: the legacy of preschool lead exposure. *Environmental Research*, 104(3), pp. 315-336.

Nevin, R., Jacobs, D. E., Berg, M. & Cohen, J., 2008. Monetary benefits of preventing childhood lead poisoning with lead-safe with lead-safe replacement. *Environmental Research* 106, Volume 106, pp. 410-419.

Pichery, C. et al., 2011. Childhood lead exposure in France: benefit estimation and partial cost-benefit analysis of lead hazard control. *Environmental Health*, 10(44).

Rabl, A., Spadaro, J. V. & Holland, M., 2014. How Much Is Clean Air Worth?: Calculating the Benefits of Pollution Control. Cambridge: Cambridge University Press .

RIVM, 2015. Diffuse loodverontreiniging in de bodem: Advies voor een gemeenschappelijk beleidskader, Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).

RIVM, 2016. Memo factsheet grondingestie v. 4.0 (14-10-2016), Bilthoven: RIVM.

Schwartz, J., 1994. Societal benefits of reducing lead exposure. *Environmental Research*, 66(1), pp. 105-124.

Spadaro, J. V. & Rabl, A., 2004. Pathway Analysis for Population-Total Health Impacts of Toxic Metal Emissions. *Risk Analysis*, 24(5), pp. 1121-1141.

Tauw, 2013. Nadere bepaling diffuus verontreinigde gebieden in Overijssel waarbinnen mogelijk sprake is van humane risico's (R001-1216722MMK-evp-V02-NL), sl: Tauw.

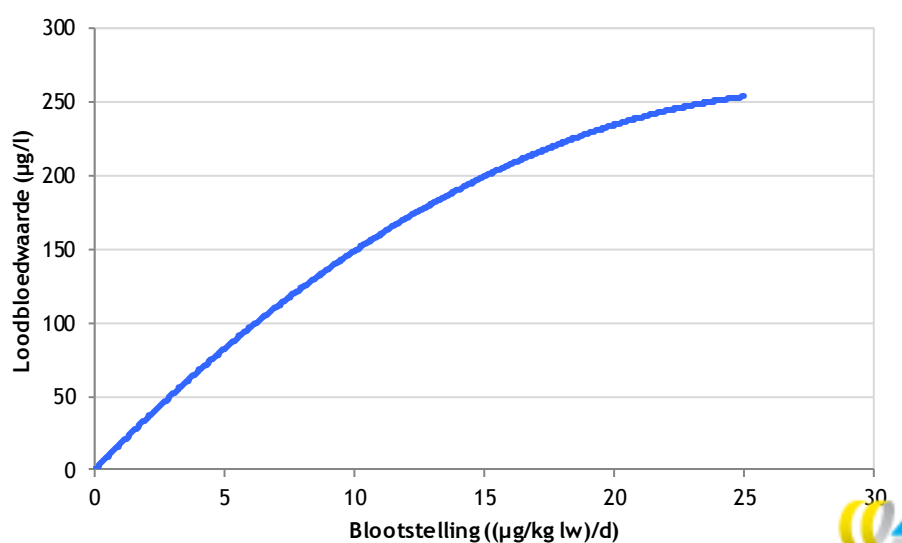
TNO; RWS; PBL, 2014. Methods for calculating the emissions of transport in the Netherlands. Online beschikbaar: www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/onderzoeksomschrijvingen/aanvullende%20onderzoeksbeschrjvingen/methodenrapport-voor-de-berekening-van-de-emissies-door-mobiele-bronnen [Geopend 2017].

Bijlage A Toelichting relatie blootstelling en loodconcentratie in bloed

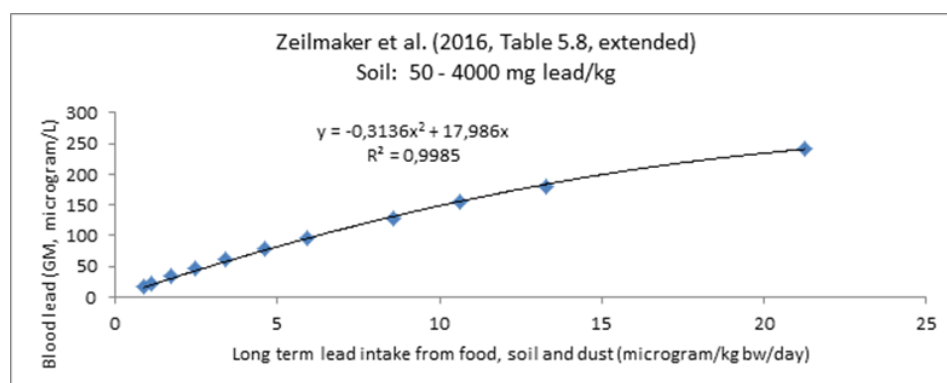
Voor het bepalen van het effect van de beheersmaatregelen op de vermindering van de concentratie van lood in het bloed (de loodbloedwaarde), rekenen we de blootstelling uit de voorgaande paragraaf om in de loodbloedwaarde. We doen dat aan de hand van de relatie:

$$LB = -0,31 * x^2 + 18 * x$$

Waarin LB de loodbloedwaarde ($\frac{\mu g}{l}$) is en x de blootstelling ($\frac{\mu g/kg\text{ lw}}{d}$)¹⁶. Deze relatie is geschat op basis van 2^e-graads polynoom die is gefit op waarden die zijn berekend met het IEUBK-model (zie onder de figuur) en waarvan de parameters zijn aangeleverd door het RIVM (2017).



Bron: Berekeningen CE Delft op basis van correspondentie met het RIVM (2017). De relatie is geldig binnen het blootstellingsdomein van 0-25 $\mu g/kg\text{ lw/d}$.



Toelichting: Tabel 5.8 betreft de tabel op p.77 van RIVM (2015). De figuur hierboven is een reproductie van deze figuur.

¹⁶ Het gaat om hier om de externe blootstelling, dat wil zeggen de inname. Dit betekent dat is gerekend met de biobeschikbaarheid zoals aangenomen in het IEUBK-model.

Bijlage B Toelichting relatie tussen loodconcentratie in bloed en IQ-verlies

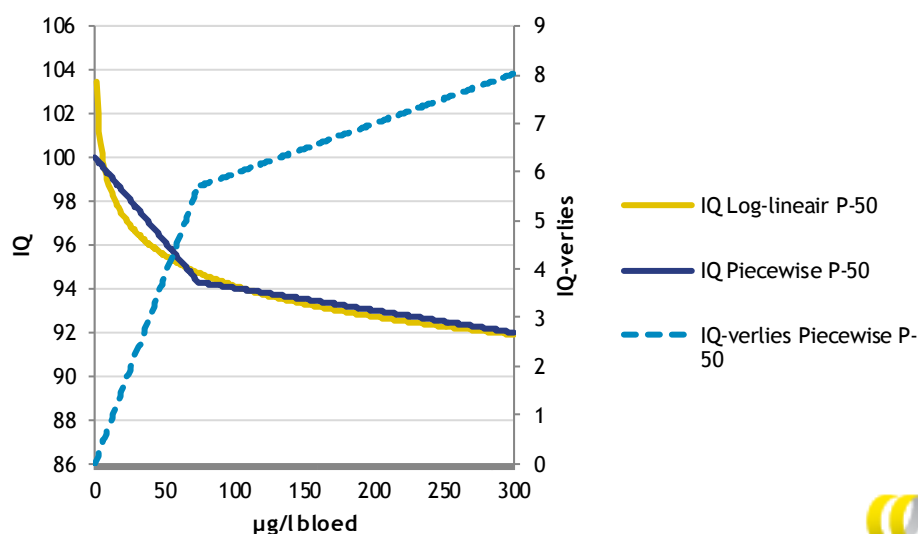
Voor het berekenen van het IQ-verlies op basis van de loodconcentratie in bloed (loodbloedwaarde) van jonge kinderen, gebruiken we de volgende formules (RIVM, 2015, p. 74):

$$\begin{aligned} \text{IQ} &= -0,077x + 100 \text{ voor } x \leq 75 \\ \text{IQ} &= -0,01021x + 95,05 \text{ voor } x > 75 \end{aligned}$$

Waarin x de loodconcentratie in bloed ($\frac{\mu\text{g}}{\text{l}}$) is.

De vermelde waarden voor de parameters zijn de P-50 waarden voor het verband tussen loodbloedwaarde en IQ-score.

De formule is een door het RIVM geschatte benadering van het log-lineaire verband tussen IQ en loodbloedwaarde dat is gevonden door Lanphear et al. (2005). Een belangrijk kenmerk van het verband tussen loodbloedwaarde en IQ is dat bij lage concentraties lood in het bloed, de curve steiler is. Dat betekent dat juist bij lage concentraties het effect van een afname van de concentratie (bijvoorbeeld door beheersmaatregelen) op het IQ groot is, terwijl dat voor hogere concentraties (boven $75 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}}$) kleiner is. Dat is goed te zien in de figuur hieronder.



Toelichting: figuur op basis van figuur 5.1 (RIVM, 2015):

- IQ Log-lineair P-50 op basis van Lanphear et al. (2005);
- IQ Piecewise P-50: op basis van RIVM (2015, p. 74);
- IQ-verlies Piecewise P-50: berekening CE Delft op basis van RIVM (2015).

Bijlage C Onderbouwing aannames blootstelling per type bebouwd gebied

De blootstelling aan lood is als volgt bepaald:

- De risicobeoordeling geldt voor een gemiddeld kind (qua gedrag dus gemiddelde blootstelling) in twee fictieve woonwijken van 500x500 m in Nederland: een groene wijk en een versteende wijk (zie verderop hoe we deze wijken gedefinieerd hebben).
- De risicobeoordeling geldt voor twee loodgehalten:
 - De versteende wijk heeft een hoog loodgehalte, dat ligt tussen de 530 mg/kg (interventiewaarde) en 1.200 mg/kg. We rekenen met 865 mg/kg.
 - De groene wijk heeft een gemiddeld loodgehalte, dat ligt tussen de bovengrens voor kwaliteitsklasse wonen (210 mg/kg) en de interventiewaarde (530 mg/kg). We rekenen met 370 mg/kg.
- De risicobeoordeling is uitgevoerd op wijkniveau. Op wijkniveau leidt een diffuse bodembelasting tot een grotere blootstelling (aan lood) dan op locatieniveau, omdat een kind zich dagelijks op meerdere plekken in de wijk begeeft, waarbij een stapeling van risico's plaatsvindt. Het RIVM kent geen wetenschappelijk onderzoek naar gemiddelde verblijftijden per dag per type bodemgebruik. Dit zal ook per wijk verschillen, afhankelijk van de ruimtelijke inrichting ervan. Voor de totale blootstelling binnen een wijk hanteren we daarom de opgetelde blootstelling voor vier bodemgebruiksvormen waar blootstelling aan lood plaatsvindt (zoals gedefinieerd in de risicosystematiek Sanscrit: Wonen met tuin, Wonen met moestuin, Plaatsen waar kinderen spelen, en Ander groen. Daarbij de volgende opmerkingen:
 - We hanteren de volgende definitie van 'Plaatsen waar kinderen spelen': dit is inclusief plekken binnen openbaar groen waar intensief gespeeld wordt (dat betekent dat 'Ander groen' niet de plaatsen bevat waar intensief gespeeld wordt door kinderen).
 - We hanteren de volgende definitie van Wonen met moestuin: een woning met een moestuin >200 m², of een woning zonder tuin maar met een volkstuin van >200 m² elders in de wijk.
- De risicobeoordeling geldt voor kinderen tot 6 jaar (want dit is de meest kritische groep), waarbij uitgegaan is van 15 kg lichaamsgewicht.
- De blootstellingsroutes 'ingestie grond' en 'ingestie gewas' zijn volgens de risicomodellen samen bepalend (>99%) voor de blootstelling aan lood, wanneer achtergrondblootstelling hierin niet wordt meegenomen. 'Ingestie gewas' speelt alleen bij tuinen en moestuinen een rol. Vanwege de beperkte relatieve bijdrage van 'ingestie gewas' aan de totale blootstelling van een gemiddeld kind is gekozen deze blootstellingsroute niet in de berekeningen mee te nemen. Het volgende rekenvoorbeeld toont waarom de gewasingestie in deze MKBA <4% van de blootstelling bedraagt:

- Bij 865 mg/kg lood is de grondingestie voor tuinen en moestuinen in een versteende wijk in ons model samen opgeteld 1,82 µg/kg lw/d (zie Tabel 9).
- Bij 865 mg/kg lood is de gewasingestie in een **moestuin** in het standaardscenario in Sanscrit 1,94 µg/kg lw/d. Uitgaande dat maximaal 5% van de tuinen in een versteende wijk een moestuin is, waaruit gemiddeld de helft wordt geconsumeerd van het standaardscenario in Sanscrit, dan is de blootstelling vanuit ingestie gewas $0,05 * 0,5 * 1,94 = 0,05$ µg/kg lw/d.
- Bij 865 mg/kg lood is de gewasingestie in een **tuin** volgens het standaardscenario in Sanscrit 0,184 µg/kg lw/d. Uitgaande dat maximaal 95% van de tuinen geen moestuin is, waaruit gemiddeld de helft wordt geconsumeerd van het standaardscenario in Sanscrit, dan is de blootstelling $0,95 * 0,5 * 0,184 = 0,09$ µg/kg lw/d.
- De som van gewasingestie op wijkniveau is $0,05 + 0,09 = 0,14$ µg/kg lw/d. Dat is 8% van de opgetelde grondingestie in tuinen en moestuinen. Omdat de overige bodem-gebruiken geen gewasingestie kennen, en er ook een achtergrondblootstelling is, is de bijdrage van gewasingestie op de totale blootstelling <4%.

- De berekening van de grondingestie is uitgevoerd op basis van RIVM (2016) met de volgende formule: $DBig = (Glk * Ct * BB) / 1.000 * LGk$
 - DBig dagelijkse blootstelling via grondingestie [µg/kg lw/d]
 - Glk dagelijkse hoeveelheid grondingestie [mg/d]
 - Ct gehalte lood totaal [mg/kg]
 - BB relatieve orale biobeschikbaarheid [-]
 - LGk lichaamsgewicht kind [15 kg]
- De achtergrondblootstelling uit voedselconsumptie is 0,60 µg/kg lw/d (RIVM, 2015, tabel 5.8). Deze achtergrondblootstelling tellen we op bij de blootstelling als gevolg van de diffuse bodemverontreiniging.
- De dagelijkse hoeveelheid grondingestie is afhankelijk van het aantal ‘contactdagen per jaar’ en de ‘jaargemiddelde dagelijkse grondingestie’. We hebben in overleg met RIVM niet met de standaardwaarden gerekend in deze MKBA. De reden is dat de standaardwaarden bedoeld zijn voor de toetsing van een individuele situatie aan de MTR, terwijl deze studie de gemiddelde blootstelling op gebiedsniveau berekent. De aanpassing is als volgt:
 - De standaardwaarde voor de jaargemiddelde dagelijkse grondingestie is 100 mg/d voor Wonen met tuin, Wonen met moestuin en Plaatsen waar kinderen spelen. Feitelijk betreft dit de bovengrens (gebaseerd op de 90-percentiel) van de spreiding van jaargemiddelde dagelijkse grondingestie die volgens wetenschappelijk onderzoek in de praktijk voorkomt. Gemiddeld is de jaargemiddelde dagelijkse grondingestie 63 mg/d (RIVM 2015). Voor openbaar groen rekenen we met 20 mg/d ten opzichte van een standaardwaarde van 25 mg/d.
 - Onderbouwing van de gehanteerde waarden bij een versteende wijk:
 - Uitgangspunt is als een gemiddeld kind een tuin heeft, dit of een tuin of een moestuin is. Om dubbeltelling tussen tuinen en moestuinen te voorkomen, wordt het maximale aantal contactdagen per jaar (125) verdeeld tussen 5% moestuinen (6) en 95% tuinen (119).
 - Wonen met tuin. Omdat niet iedereen een tuin heeft (als gevolg van hoogbouw) reduceren we het aantal contactdagen per jaar met 50%: 59 contactdagen. NB. Bij relatief meer hoogbouw zal het percentage lager liggen, en bij relatief veel laagbouw ligt het hoger; statistische gegevens hierover hebben we niet kunnen vinden. De dagelijkse grondingestie is 63 mg/d.
 - Wonen met moestuin. Omdat er relatief weinig moes- en volkstuinen zijn, reduceren we het aantal contactdagen per jaar met 50%: 3 contactdagen. De dagelijkse grondingestie is 63 mg/d.

- Plaatsen waar kinderen spelen. We hanteren de jaargemiddelde hoeveelheid contactdagen (125). Vanwege relatief versteende speelplaatsen reduceren we de dagelijkse grondingestie met 50% tot 31,5 mg/d.
- Openbaar groen. Omdat plaatsen waar kinderen spelen niet in deze gebruiksvorm vallen, reduceren we het aantal contactdagen per jaar met 50%: 12,5 contactdagen. De dagelijkse grondingestie is 20 mg/d.
- Onderbouwing van de gehanteerde waarden bij een groene wijk:
 - Uitgangspunt is als een gemiddeld kind een tuin heeft, dit of een tuin of een moestuin is. Om dubbeltelling van tuinen en moestuinen te voorkomen, wordt het maximale aantal contactdagen per jaar (125) verdeeld tussen 5% moestuinen (6) en 95% tuinen (119).
 - Wonen met tuin. Geen verdere aanpassingen: 119 contactdagen, 63 mg/d.
 - Wonen met moestuin. Geen verdere aanpassingen: 6 contactdagen, 63 mg/d.
 - Plaatsen waar kinderen spelen. Geen verdere aanpassingen: 125 contactdagen, 63 mg/d.
 - Openbaar groen. Omdat Plaatsen waar kinderen spelen niet in deze gebruiksvorm vallen, reduceren we het aantal contactdagen per jaar met 50%: 12,5 contactdagen. De dagelijkse grondingestie is 20 mg/d.

De relatieve orale biobeschikbaarheid in de berekening voor grondingestie is gesteld op 1, want deze parameter is verwerkt in de omrekening van de ingestie grond naar het bloedloodgehalte (zie Paragraaf 5.3).

Bijlage D Berekening negatieve welvaartseffect milieuschade transport & verwerking grond

In deze paragraaf voeren we een berekening uit van de schade die ontstaat vanwege de uitstoot van milieuvervuilende gassen tijdens het transport en de verwerking van de grond.

We berekenen het negatieve welvaartseffect vanwege milieuschade die optreedt bij het transport en de verwerking van grond in twee delen. Om te beginnen richten we ons op de milieuschadelijke stoffen die vrijkomen tijdens het transport. Vervolgens kijken we naar de verwerking. We nemen mee in onze analyse de uitstoot van CO₂, NO_x en fijnstof in Nederland.

Voor het waarderen van de milieuschade in termen van euro's, gebruiken we zogenaamde milieuprijzen. Zie Box 10.

Box 10 Milieuprijzen

Milieuprijzen zijn kengetallen die de maatschappelijke waarde van het voorkomen van milieuvervuiling berekenen en uitdrukken in euro's per kg vervuilende stof. Milieuprijzen geven daarmee de welvaartsverliezen weer die optreden indien de stof in het milieu terecht komt. Milieuprijzen worden ook wel schaduwprizen genoemd. Zie voor een verdere uitleg het handboek schaduwprizen (CE Delft, 2010).

Berekening milieuschade bij transport

We bouwen deze berekening als volgt op:

In de eerste stap vermenigvuldigen we het aantal vrachtwagenkilometers met de uitstoot per kilometer om de hoeveelheid uitgestoten stof te berekenen. De hoeveelheid uitgestoten stof vermenigvuldigen we met de milieuprijs om het welvaartsverlies te berekenen. Daarbij hanteren we de volgende uitgangspunten:

- Voor de berekening van het aantal vrachtautobewegingen gaan we uit van de te behandelen oppervlakten en diepte zoals vermeld in Bijlage G.
- Vrachtwagens rijden leeg terug en met een beladingsgraad van 2/3^e heen.
- Het transport vindt plaats met 30-ton vrachtauto's.
- We rekenen met milieuprijzen in euro 2016, waarbij we schade die later in de tijd optreedt disconteren.
- We maken bij de uitstoot per kilometer (emissiefactor) een onderscheid tussen wel/niet beladen en binnen/buiten bebouwde kom. De uitstoot kan aanzienlijk verschillen hiertussen (zie Tabel 40).

Tabel 40 Emissiefactoren (gram stof uitgestoten per voertuigkilometer)

	NO _x	CO ₂	Fijnstof
Vrachtautokilometers vol, binnen bebouwde kom	11,9	1.501	0,24
Vrachtautokilometers leeg, binnen bebouwde kom	11,3	1.223	0,21
Vrachtautokilometers vol, buiten bebouwde kom	6,2	884	0,13
Vrachtautokilometers leeg, buiten bebouwde kom	5,8	720	0,11

Bron: CE Delft (2016), op basis van vrachtauto > 20 ton.

Andere uitgangspunten zijn specifiek voor de maatregel.

Saneren

Voor saneren hanteren we de volgende specifieke uitgangspunten.

- Het aantal benodigde vrachtwagenbewegingen is 2.723¹⁷.
- De afstand van de saneringslocatie tot de verwerker van de vervuilde grond is 50 km.
- Hiervan is 7,5 km binnen en 42,5 km buiten de bebouwde kom.
- De afstand tot het gronddepot voor aanvoer schone grond is 25 km.
- Hiervan is 7,5 km binnen en 17,5 km buiten de bebouwde kom.
- We maken bij de waardering voor fijnstof een onderscheid tussen emissies die in binnen de bebouwde kom optreden en emissies die buiten de bebouwde kom optreden. Fijnstofemissies hebben een lokaal bereik en bereiken veel meer mensen als de uitstoot binnen de bebouwde kom plaatsvindt. De uitstoot per kilometer waarmee is gerekend is hieronder weergegeven (zie Tabel 41):

Tabel 41 Milieuprijzen voor saneren (€₂₀₁₆, gediscoteerd/kg stof)

	NO _x	CO ₂	Fijnstof
Binnen bebouwde kom	€ 11	€ 0,01	€ 394
Buiten bebouwde kom	€ 11	€ 0,01	€ 58

Bron: Berekening CE Delft op basis CE Delft (2010) voor NO_x en CO₂ en PBL & CPB (2015) voor CO₂.

Op basis van deze uitgangspunten kunnen we de emissies berekenen (zie Tabel 42):

Tabel 42 Emissies van saneren (kg uitgestoten stof)

	NO _x	CO ₂	Fijnstof
Binnen bebouwde kom	947	111.241	18
Buiten bebouwde kom	1.944	261.932	41

¹⁷ Dit komt overeen met 5 à 6 vrachtwagens per werkdag gedurende de periode dat de maatregel wordt gerealiseerd.

Het welvaartsverlies wordt dan (zie Tabel 43):

Tabel 43 Welvaartsverlies vanwege milieuschade door saneren (€)

	NO _x	CO ₂	Fijnstof
Welvaartsverlies per stof	€ 32.663,43	€ 2.842,09	€ 9.588,11
Totaal welvaartsverlies	€ 45.094		

Faciliteren

Voor saneren hanteren we de volgende specifieke uitgangspunten:

- Het aantal benodigde vrachtwagenbewegingen is 437¹⁸.
- De afstand van een tuin of andere locatie die wordt schoongemaakt tot de verwerker van de vervuilde grond is 15 km.
- Hiervan is 7,5 km binnen en 7,5 km buiten de bebouwde kom.
- De afstand tot het gronddepot voor aanvoer schone grond is 15 km.
- Hiervan is 7,5 km binnen en 7,5 km buiten de bebouwde kom.
- Vrachtwagens rijden vol heen en leeg terug.
- We maken bij de waardering voor fijnstof een onderscheid tussen emissies die in binnen de bebouwde kom optreden en emissies die buiten de bebouwde kom optreden. Fijnstofemissies hebben een lokaal bereik en bereiken veel meer mensen als de uitstoot binnen de bebouwde kom plaatsvindt. De uitstoot per kilometer waarmee is gerekend is hieronder weergegeven (zie Tabel 44):

Tabel 44 Milieuprijzen voor faciliteren (€₂₀₁₆, gediscoteerd/kg stof)

	NO _x	CO ₂	Fijnstof
Binnen bebouwde kom	€ 10	€ 0,01	€ 366
Buiten bebouwde kom	€ 10	€ 0,01	€ 54

Bron: Berekening CE Delft op basis CE Delft (2010) voor NO_x en fijnstof en PBL & CPB (2015) voor CO₂.

Op basis van deze uitgangspunten kunnen we de emissies berekenen (zie Tabel 45):

Tabel 45 Emissies van faciliteren (kg uitgestoten stof)

	NO _x	CO ₂	Fijnstof
Binnen bebouwde kom	152	17.835	3
Buiten bebouwde kom	78	10.499	2

¹⁸ Dit komt overeen met 0,5 vrachtwagens per werkdag gedurende de periode dat de maatregel wordt gerealiseerd.

Het welvaartsverlies wordt dan (zie Tabel 46):

Tabel 46 Welvaartsverlies vanwege milieuschade door faciliteren (€)

	NO _x	CO ₂	Fijnstof
Welvaartsverlies per stof	€ 2.411,34	€ 200,42	€ 1.162,15
Totaal welvaartsverlies	€ 3.774		

Berekening milieuschade bij ontgraven en verwerken

Bij de berekening van de milieuschade vanwege het verwerken van de grond, hanteren we de volgende uitgangspunten:

- Voor de berekening van het volume te verwerken grond gaan we uit van de te behandelen oppervlakten en diepte zoals vermeld in Bijlage G.
- Milieuschade treedt op bij een of meer van de volgende stappen van grondverwerking:
 - ontgraven;
 - productie materialen (folie);
 - schoonmaken grond;
 - verdichten grond¹⁹.
- We gaan ervan uit dat grond wordt hergebruikt (dus niet hoeft te worden gewonnen).
- Bij deze stappen wordt gebruik gemaakt van diesel, polypropreen (pp) folie en/of elektriciteit. Bij het gebruik en/of de productie daarvan komen emissies van milieuschadelijke stoffen vrij. We hanteren de volgende emissiefactoren voor het gebruik van deze inputs (zie Tabel 47):

Tabel 47 Emissiefactoren (gram stof uitgestoten per eenheid input)

Input	NO _x	Fijnstof	CO ₂
Diesel (l)	22,68	1,09	2.668
PP (kg)	3,79	2,13	3.196
Grijze stroom (kWh)	0,47	0,22	566

Bron: TNO (2015), mobiele landbouwwerktuigen voor de emissies van diesel; Ecoinvent (een database voor levenscyclusanalyse) voor de emissies van PP en Grijze stroom.

- we beperken ons in de berekening tot emissies die vrijkomen op Nederlandse bodem;
- vanwege het verschil in de waardering van fijnstofuitstoot binnen en buiten de bebouwde kom, geven we aan of de locaties waar de stappen in de grondverwerking worden uitgevoerd binnen of buiten de bebouwde kom liggen (zie Tabel 48):

Tabel 48 Stappen in grondverwerking binnen of buiten de bebouwde kom

Stap	Binnen bebouwde kom?
Ontgraven	ja
Productie materialen	nee
Schoonmaken grond	nee
Verdichten grond	ja

¹⁹ Conform de indeling van activiteiten en emissies in CO₂-rekenmodel versie 1.3.4.

Overige uitgangspunten zijn specifiek voor de maatregel.

Saneren

We hanteren voor saneren de volgende specifieke uitgangspunten:

- grond wordt schoongemaakt door die eerst te zeven en het lood daarna via extractie te verwijderen;
- we rekenen met de volgende milieuprijzen voor saneren (zie Tabel 49):

Tabel 49 Milieuprijzen voor saneren (€₂₀₁₆, gediscoteerd/kg stof)

	NO _x	CO ₂	Fijnstof
Binnen bebouwde kom	€ 11	€ 0,01	€ 398
Buiten bebouwde kom	€ 11	€ 0,01	€ 59

Bron: Berekening CE Delft op basis CE Delft (2010) voor NO_x en fijnstof en PBL & CPB (2015) voor CO₂.²⁰

- Bij de stappen van grondverwerking worden de volgende hoeveelheden stoffen verbruikt:

Tabel 50 Stappen in grondverwerking binnen of buiten de bebouwde kom

Stap	Stof	Hoeveelheid
Ontgraven	Diesel	44.997 l
Productie materialen	PP	5.521kg
Schoonmaken grond	Grijze stroom	1.022.125 kWh
Verdichten grond	Grijze stroom	7.260 kWh

Bron: CO₂-rekenmodel versie 1.3.4.

Op basis van deze uitgangspunten kunnen we berekenen hoe groot de milieuschade is. We berekenen eerst hoeveel schadelijke stoffen er worden uitgestoten (zie Tabel 51):

Tabel 51 Emissies van verwerken grond bij saneren (kg uitgestoten stof)

Stap	NO _x	CO ₂	Fijnstof
Ontgraven	1.021	119.382	49
Productie materialen	21	17.644	12
Schoonmaken grond	484	434.193	227
Verdichten grond	3	4.109	2

²⁰ Deze milieuprijzen wijken voor fijnstof af van de prijzen genoemd bij het transport. De reden is een verschil in de fractie P_{2,5} binnen de P₁₀-uitstoot.

Door de emissies van schadelijke stoffen te vermenigvuldigen met de milieuprijs, kunnen we berekenen hoe groot de milieuschade is (zie Tabel 52):

Tabel 52 Welvaartsverlies van verwerken grond bij saneren (€₂₀₁₆)

Stof	Welvaartsverlies
NO _x	€ 17.277
Fijnstof	€ 34.338
CO ₂	€ 4.382
Totaal	€ 55.997

Faciliteren

We hanteren voor faciliteren de volgende specifieke uitgangspunten:

- Grond wordt schoongemaakt door die alleen te zeven. We gaan ervan uit dat faciliteren niet plaatsvindt bij loodgehalten boven de interventiewaarde, zodat extractie niet nodig is.
- We gaan ervan uit dat alleen bij plaatsen waar kinderen spelen een folie wordt aangebracht voor scheiding van de grondlagen.
- We rekenen met de volgende milieuprijzen voor faciliteren (zie Tabel 53).

Tabel 53 Milieuprijzen voor faciliteren (€₂₀₁₆, gediscoteerd/kg stof)

	NO _x	CO ₂	Fijnstof
Binnen bebouwde kom	€ 10	€ 0,01	€ 370
Buiten bebouwde kom	€ 10	€ 0,01	€ 55

Bron: Berekening CE Delft op basis CE Delft (2010) voor NO_x en fijnstof en PBL & CPB (2015) voor CO₂.²¹

- Bij de stappen van grondverwerking worden de volgende hoeveelheden stoffen verbruikt:

Tabel 54 Stappen in grondverwerking binnen of buiten de bebouwde kom

Stap	Stof	Hoeveelheid
Ontgraven	Diesel	7.214 l
Productie materialen	PP	183 kg
Schoonmaken grond	Grijze stroom	41.225 kWh
Verdichten grond	Grijze stroom	1.164 kWh

Bron: CO₂-rekenmodel versie 1.3.4.

²¹ Deze milieuprijzen wijken voor fijnstof af van de prijzen genoemd bij het transport. De reden is een verschil in de fractie P_{2,5} binnen de P₁₀-uitstoot.

Op basis van deze uitgangspunten kunnen we berekenen hoe groot de milieuschade is. We berekenen eerst hoeveel schadelijke stoffen er worden uitgestoten (zie Tabel 55):

Tabel 55 Emissies van verwerken grond bij faciliteren (kg uitgestoten stof)

Stap	NO _x	CO ₂	Fijnstof
Ontgraven	164	19.141	8
Productie materialen	1	583	0
Schoonmaken grond	20	23.333	9
Verdichten grond	1	659	0

Door de emissies van schadelijke stoffen te vermenigvuldigen met de milieuprijs, kunnen we berekenen hoe groot de milieuschade is (zie Tabel 56):

Tabel 56 Welvaartverlies van verwerken grond bij faciliteren (€₂₀₁₆)

Stof	Welvaartsverlies
NO _x	€ 1.935
Fijnstof	€ 3.534
CO ₂	€ 309
Totaal	€ 5.778

Totale milieuschade

De totale milieuschade staat in Tabel 57:

Tabel 57 Waardering milieuvervuiling vanwege transport, ontgraven, verwerken en materialen

Saneren	Faciliteren
€ 101.091	€ 9.552

Bijlage E Berekening welvaartsverlies vanwege verkeersslachtoffers

In deze bijlage lichten we toe hoe we de maatschappelijke schade in verband met verkeersveiligheid hebben berekend. We voeren de berekening uit door het aantal voertuigkilometers te vermenigvuldigen met een bedrag voor de externe kosten van verkeersveiligheid (in euro per kilometer). We hanteren hiervoor het volgende bedrag:

Overige uitgangspunten zijn maatregelspecifiek.

Saneren

Voor saneren hanteren we de volgende specifieke uitgangspunten.

- het aantal benodigde vrachtwagenbewegingen is 2.723²²;
- de afstand van de saneringslocatie tot de verwerker van de vervuilde grond is 50 km;
- de afstand tot het gronddepot voor aanvoer schone grond is 25 km;
- kosten verkeersveiligheid (euro/km) bij saneren: € 0,18²³.

De berekening ziet er dan als volgt uit:

Tabel 58 Berekening welvaartsverlies verkeersveiligheid, saneren

Factor	Eenheid	Waarde
Afgelegde afstand totaal	km	408.375
Kosten verkeersveiligheid (€ ₂₀₁₆ , gediscoteerd)	euro/km	€ 0,18
Welvaartsverlies verkeersveiligheid	euro	€ 71.916

Faciliteren

Voor faciliteren hanteren we de volgende specifieke uitgangspunten.

- het aantal benodigde vrachtwagenbewegingen is 437²⁴;
- de afstand van een tuin of andere locatie die wordt schoongemaakt tot de verwerker van de vervuilde grond is 15 km;
- de afstand tot het gronddepot voor aanvoer schone grond is 15 km;
- kosten verkeersveiligheid (euro/km) bij saneren: € 0,18²⁵.

²² Dit komt overeen met 5 à 6 vrachtwagens per werkdag gedurende de periode dat de maatregel wordt gerealiseerd.

²³ Bron: Berekeningen CE Delft op basis van PBL/CPB (2015). De kosten zijn gebaseerd op PBL/CPB, tabel B.7, omgerekend naar euro₂₀₁₆ en gecorrigeerd voor de periode waarin de maatregelen worden uitgevoerd door rekening te houden met de autonome afname van de kans op ongevallen.

²⁴ Dit komt overeen met 0,5 vrachtwagens per werkdag gedurende de periode dat de maatregel wordt gerealiseerd.

²⁵ Bron: Berekeningen CE Delft op basis van PBL/CPB (2015). De kosten zijn gebaseerd op PBL/CPB, tabel B.7, omgerekend naar euro₂₀₁₆ en gecorrigeerd voor de periode waarin de maatregelen worden uitgevoerd door rekening te houden met de autonome afname van de kans op ongevallen.

De berekening ziet er dan als volgt uit:

Tabel 59 Berekening welvaartsverlies verkeersveiligheid, faciliteren

Factor	Eenheid	Waarde
Afgelegde afstand totaal	km	26.190
Kosten verkeersveiligheid (€ ₂₀₁₆ , gedisconteerd)	euro/km	€ 0,15
Welvaartsverlies verkeersveiligheid	euro	€ 3.965

Bijlage F Onderbouwing aannames effectiviteit maatregelen

F.1 Inleiding

De effectiviteit van een maatregel drukken we uit als een percentage waarmee de blootstelling (zoals berekend op basis van uitgangspunten in Bijlage C) wordt gereduceerd.

Er is geen wetenschappelijk onderzoek bekend waar de effectiviteit van saneringsmaatregelen is onderzocht, en waarop we kunnen terugvallen. Daarom hebben we dit bepaald op basis van *expert judgement* met verschillende partijen (zie voorwoord) op 16 maart 2017. In deze bijlage hebben we de resultaten van expert judgement verwerkt tot uitgangspunten die we hanteren in onze berekeningen.

F.2 Resultaat expert judgement

De effectiviteit van maatregelen is in de praktijk afhankelijk van:

- de mate waarop de doelgroep bereikt wordt en zij de maatregel opvolgt;
- de mate waarin bij opvolging een specifieke maatregel de blootstelling reduceert.

In de discussie op 16 maart 2017 hebben we de effectiviteit van beide elementen gecombineerd tot een totale ingeschatte effectiviteit. Gekozen is om een range daarin te hanteren (VAN en TOT). In Tabel 60 zijn de resultaten opgenomen.

De onderbouwing bij de geschatte percentages is:

- Algemene gebruiksadviezen. Het is onzeker hoe groot het bereik van de communicatie is. Het effect van informatievoorziening (gebruiksadviezen) is volgens RIVM niet zo groot. Afhankelijk van de aanpak wordt de opvolging van het advies klein ingeschat, maar de onzekerheid in deze inschatting is groot. Daarom lage VAN-waarden. Verwachten wordt dat (eenmalige) fysieke maatregelen in (moes)tuinen beter opgevolgd worden. Ook is de verwachting dat huishoudens met kinderen een hogere opvolging kennen dan zonder kinderen. Er wordt geen verschil verwacht tussen tuinen moestuinbezitters. Het effect bij plaatsen waar kinderen spelen en ander groen wordt als minimaal geschat.
- Locatiegerichte gebruiksadviezen. Het effect van informatievoorziening (gebruiksadviezen) is volgens RIVM niet zo groot. De respons is naar verwachting hoog, vandaar hogere VAN-waarden. De maatregel werkt goed - vooral de fysieke maatregelen als het aanleggen van een zandbak - maar niet zo goed als bij saneren. Het effect bij plaatsen waar kinderen spelen en ander groen wordt als minimaal geschat.
- Functiegericht saneren. Saneren leidt tot vrijwel volledige reductie van blootstelling. Vanwege restverontreinigingen (taluds, bomen) en mensen die niet meewerken wordt de effectiviteit kleiner dan 10% geschat. Voor speelplaatsen - waar de gemeente veelal eigenaar is - wordt wel een 100% reductie van blootstelling verwacht. Overige openbaar groen (waar nauwelijks kinderen spelen en nauwelijks blootstelling optreedt) is als uitgangspunt bij deze studie uitgesloten voor sanering (en indien toch meenemen: advies 50 cm schone grond).

- Faciliteren. Geschat wordt dat hier een (kleine) extra opbrengst is ten opzichte van algemene gebruiksadviezen. De effectiviteit is lager dan bij saneren. Het is de vraag hoeveel mensen per jaar gebruik maken van de faciliterende maatregelen. Waarschijnlijk zal dit hoger zijn in wijken met hogere gehalten. Voor ander groen is het effect nul.

Tabel 60 Ingeschatte effectiviteit maatregelen op grond van expert judgement

Bodemgebruik	Beheersmaatregel	Reductie (%) VAN	Reductie (%) TOT
Tuin	Algemene gebruiksadviezen	2	40
Moes- /volkstuin	Algemene gebruiksadviezen	2	40
Plaatsen waar kinderen spelen	Algemene gebruiksadviezen	0	1
Ander groen	Algemene gebruiksadviezen	0	1
Tuin	Locatiegerichte gebruiksadviezen	40	60
Moes- /volkstuin	Locatiegerichte gebruiksadviezen	40	60
Plaatsen waar kinderen spelen	Locatiegerichte gebruiksadviezen	1	5
Ander groen	Locatiegerichte gebruiksadviezen	1	5
Tuin	Functiegericht saneren	90	95
Moes- /volkstuin	Functiegericht saneren	90	95
Plaatsen waar kinderen spelen	Functiegericht saneren	100	100
Ander groen	Functiegericht saneren	0	0
Tuin	Faciliteren	5	50
Moes- /volkstuin	Faciliteren	5	50
Plaatsen waar kinderen spelen	Faciliteren	80	90
Ander groen	Faciliteren	0	0

F.3 Uitgangpunten bij bepaling effectiviteit

Op grond van de ingeschatte percentages hanteren we voor de berekeningen we de volgende reducties:

- Algemene gebruiksadviezen:
 - wonen met tuin 21% reductie;
 - wonen met moestuin 21% reductie;
 - overig 0,5% reductie.
- Locatiegerichte gebruiksadviezen:
 - wonen met tuin 50% reductie;
 - wonen met moestuin 50% reductie;
 - overig 3% reductie.
- Functiegericht saneren:
 - Vanwege het toepassen van grond met de kwaliteit AW2000 blijft een restblootstelling aan 50 mg/kg lood achter. Dit gehalte levert in ons scenario ‘versteende wijk’ een blootstelling door ingestie grond op van 0,23 µg/kg lw/d, zijnde 6% van de blootstelling die er is wanneer geen maatregel genomen wordt. Daarom stellen we de maximum effectiviteit van de maatregel op 94% van de oorspronkelijke blootstelling. De hieronder genoemde waarden voor de effectiviteit - zoals vastgesteld tijdens de expert bijeenkomst - gelden dus ten opzichte van de maximum effectiviteit (met uitzondering van ander groen, aangezien daar geen fysieke maatregel genomen wordt).
 - Wonen met tuin 92,5% reductie.
 - Wonen met moestuin 92,5% reductie.
 - Plaatsen waar kinderen spelen 100% reductie.
 - Ander groen 0,5% reductie (gelijk aan algemene gebruiksadviezen).

- Faciliteren:
 - Vanwege het toepassen van grond met de kwaliteit AW2000 blijft een restblootstelling aan maximaal 50 mg/kg lood achter. Dit gehalte levert in ons scenario 'groene wijk' een blootstelling door ingestie grond op van 0,45 µg/kg lw/d, zijnde 12% van de blootstelling die er is wanneer geen maatregel genomen wordt. Daarom stellen we de maximum effectiviteit van de maatregel op 88% van de oorspronkelijke blootstelling. De hieronder genoemde waarden voor de effectiviteit - zoals vastgesteld tijdens de expert bijeenkomst - gelden dus ten opzichte van de maximum effectiviteit (met uitzondering van ander groen, aangezien daar geen fysieke maatregel genomen wordt).
 - Wonen met tuin 27,5% reductie.
 - Wonen met moestuin 27,5% reductie.
 - Plaatsen waar kinderen spelen 85% reductie.
 - Ander groen 3% reductie (gelijk aan algemene gebruiksadviezen).

Bijlage G Uitgangspunten en kentallen kostenraming beheersmaatregelen

G.1 Uitgangspunten

Algemene uitgangspunten:

- Alle kosten zijn in euro exclusief BTW.
- Prijspeil 2016.
- Kosten die in de toekomst vallen, worden gediscoteerd.
- De kosten gelden voor een fictieve maar realistische versteende of groene wijk in Nederland met een omvang van 500x500 meter.
- Voor het omrekenen van gemeentelijke beheersmaatregelen naar een wijk van 500x500 hanteren we dat een gemeente 10 wijken bevat.
- De definitie van de maatregelen is omschreven in Paragraaf 4.2.
- De onderbouwing van de kentallen is opgenomen in Paragraaf G.2 t/m Paragraaf G.6.
- Bij de kosten zijn publieke en private kosten inbegrepen. Bij publieke kosten gaat het om apparaatskosten van de overheid en externe uitgaven (inhuur, materiaal) die zijn toe te rekenen aan de maatregelen en investeringen. Bij private kosten gaat het om externe uitgaven.
- Kosten zijn berekend voor aanpak van vier typen bodemgebruik: wonen met tuin, wonen met moestuin/volkstuin, plaatsen waar kinderen spelen, en ander groen.

Uitgangspunten bij algemene gebruiksadviezen:

- Kosten zijn op gemeentelijk niveau berekend, en daarna omgerekend naar een wijk.
- De eenmalige extra ambtelijke kosten voor digitale informatievoorziening binnen de gemeente bedragen € 10.000.
- Communicatie via foldermateriaal, posters en advertenties herhaalt zich tweejaarlijks. De materiaalkosten zijn € 500 per jaar per gemeente. Ambtelijke inzet/apparaatskosten voor de meerjarige inzet wordt niet meegenomen omdat deze integraal onderdeel zijn van de reguliere ambtelijke inzet.
- Huishoudens met kinderen van 0 tot 6 jaar besteden per kind € 50 aan de aanleg van een eigen zandbak, waarbij we het aantal huishoudens dat meedoet baseren op de ingeschatte effectiviteit van de maatregel.
- Verversen van communicatiemateriaal en digitale informatievoorziening beschouwen we als regulier werk van de gemeente en dus niet als additionele kosten voor deze maatregel.

Uitgangspunten bij locatiegerichte gebruiksadviezen:

- kosten zijn op gemeentelijk niveau berekend, en daarna omgerekend naar een wijk;
- de eenmalige extra ambtelijke kosten voor digitale informatievoorziening binnen de gemeente bedragen € 10.000;
- communicatie via foldermateriaal, posters en advertenties herhaalt zich tweejaarlijks. De materiaalkosten zijn € 1.000 per jaar per gemeente;
- extra ambtelijke inzet en/of personeelskosten voor voorlichtingscampagnes omvat 0,05 fte à € 120.000;

- Huishoudens met kinderen van 0 tot 6 jaar besteden per kind € 50 aan de aanleg van een eigen zandbak, waarbij we het aantal huishoudens dat meedoet baseren op de ingeschatte effectiviteit van de maatregel.
- Verversen van communicatiemateriaal en digitale informatievoorziening beschouwen we als regulier werk van de gemeente en dus niet als additionele kosten voor deze maatregel.

Uitgangspunten bij functiegericht saneren van een versteende wijk met hoge loodgehalten:

- Saneringskosten zijn berekend voor vier typen bodemgebruik: wonen met tuin, wonen met moestuin/volkstuin, plaatsen waar kinderen spelen, en ander groen.
- Sanering vindt plaats gedurende een periode van 5 jaar
- De kosten voor saneren van tuinen, moes- en volkstuinten en kinderspeelplaatsen zijn berekend als het product van de te saneren oppervlakte en een saneringsprijs per vierkante meter. Daar bovenop is een opslag voor apparaatskosten gezet.
- De saneringskosten voor ander groen stellen we op nul, omdat aanpak van openbaar groen waar geen kinderen spelen verwaarloosbaar effect heeft op de blootstelling aan lood. Wel rekenen we aan dit bodemgebruik kosten toe voor algemene gebruiksadviezen in de wijk.
- We hanteren in onze raming een vierkante meterprijs voor sanering van tuinen en moes-/volkstuinten inclusief tuininrichting van € 240 per m². Deze prijs is als volgt onderbouwd:
 - De prijzen per m² voor het uitvoeren van een bodemsanering liggen in de range van € 100 tot 300, waarbij wisselende uitgangspunten zijn gebruikt voor posten die inclusief of exclusief zijn (zie Bijlage G.5). De saneringen in makkelijk te bereiken gebied zijn wat goedkoper, terwijl de kosten in moeilijk te bereiken gebied hoger zijn. Op grond van de getallen moet minimaal rekening worden gehouden met € 150 per m². We hanteren in onze raming een prijs voor tuinsanering van € 200 per m².
 - De kosten van herinrichting variëren op grond van de voorbeelden van 10 tot 1.000 € per m². Twee bronnen rekenen voor een gemiddelde tuin ongeveer 30 tot 50 €/m². We hanteren in onze raming een prijs van € 40 per m².
- De saneringskosten van plaatsen waar kinderen spelen liggen bij een gelijke saneringsdoelstelling (1 meter leeflaag met schone grond) lager dan de saneringskosten van tuinen, omdat de locaties makkelijker te bereiken zijn en de kosten voor herinrichten lager zijn). Met een eigen calculatie komen we op een prijs voor de sanering inclusief herinrichting van plaatsen waar kinderen spelen van € 150 per m².
- We hanteren de volgende oppervlaktes:
 - 12 % van de wijk omvat tuinen en moes-/volkstuinten. Hiervan rekenen we 95% toe aan tuinen, en 5% aan moes-/volkstuinten. Op grond van de ingeschatte effectiviteit van de maatregel rekenen we dat 92,5% van het areaal daadwerkelijk wordt gesaneerd. Dit maakt $250.000 \times 12\% \times 95\% \times 92,5\%$ is 26.363 m² aan tuinen. En dit maakt $250.000 \times 12\% \times 5\% \times 92,5\%$ is 1.388 m² aan moes-/volkstuinten.
 - Circa 1% van de wijk omvat plaatsen waar kinderen spelen. We rekenen met 2 plaatsen waar kinderen spelen van 25x50 m in de wijk, in totaal 2.500 m². Op grond van de ingeschatte effectiviteit van de maatregel rekenen we dat 100% van het areaal daadwerkelijk wordt gesaneerd.
- De saneringslocatie is moeilijk te bereiken (kleine achtertuinen): smalle straat met veel verkeer.

- Inclusief het opschonen (verwijderen beplanting, schuttingen, opnemen verharding, etc.). Stenen gebouwen en funderingen blijven staan.
- Werkzaamheden vinden plaats onder 3T-condities (opstellen V&G-plan, begeleiding DLP-er).
- Inclusief indicatief bodemonderzoek kwaliteit toplaag 0-1 m -mv à € 10 per m².
- Inclusief opstellen van een saneringsplan en milieukundige begeleiding van de werkzaamheden.
- Exclusief kosten voor ondersteunen van kabels en leidingen.
- Op grond van ervaringsgetallen van een provincie (bron bekend bij auteurs) hanteren we een opslag voor apparaatskosten van 10% bovenop de uitvoeringskosten.

Uitgangspunten bij faciliteren van een groene wijk met gemiddelde loodgehalten:

- Kosten voor faciliteren zijn berekend voor vier typen bodemgebruik: wonen met tuin, wonen met moestuin/volkstuin, plaatsen waar kinderen spelen, en ander groen.
- Faciliteren van de aanpak van tuinen en moes-/volkstuinten vindt plaats gedurende een periode van tien jaar. De aanpak van speeltuinen vindt direct plaats.
- De kosten voor faciliteren van de aanpak van tuinen, moes- en volkstuinten en kinderspeelplaatsen zijn berekend als het product van de aan te pakken oppervlakte en een prijs per vierkante meter. Daar bovenop is voor de aanpak van speeltuinen een opslag voor apparaatskosten gezet.
- De kosten voor ander groen stellen we op nul, omdat aanpak van openbaar groen waar geen kinderen spelen verwaarloosbaar effect heeft op de blootstelling aan lood. Wel rekenen we aan dit bodemgebruik kosten toe voor locatiegerichte gebruiksadviezen in de wijk.
- We hanteren in onze raming een vierkante meterprijs voor het faciliteren van de aanpak van tuinen en moes-/volkstuinten van € 17 per m², gebaseerd op een eigen calculatie met de volgende uitgangspunten:
 - Analyseren van drie bodemonsters (laboratorium of XRF) per tuin van 100 m²
 - Een hovenier ontgraaft 20 cm grond en vervoert dat naar het gemeentelijk depot. De verwerkingskosten zijn gebaseerd op een gemiddeld loodgehalte (kwaliteitsklasse Industrie) en leveren van schone aanvulgrond (AW2000).
- Met een eigen calculatie komen we op een prijs voor de aanpak inclusief herinrichting van plaatsen waar kinderen spelen van € 22 per m², gebaseerd op de volgende uitgangspunten.
 - voorafgaand aan de aanpak vindt per speelplaats een indicatief bodemonderzoek plaats à € 1.500;
 - de speelplaats is geheel onverhard en heeft een oppervlakte van 2.500 m²;
 - aanbrengen van een worteldoek, een laagje schone grond (voldoet aan AW2000) van 20 cm, en het aanbrengen van 80% gras en 20% rubber tegels;
 - tijdelijk uitplaatsen en terugplaatsen drie speeltoestellen.
- We hanteren de volgende oppervlaktes:
 - 28 % van de wijk omvat tuinen en moes-/volkstuinten. Hiervan rekenen we 95% toe aan tuinen, en 5% aan moes-/volkstuinten. Op grond van de ingeschatte effectiviteit van de maatregel rekenen we dat 27,5% van het areaal daadwerkelijk wordt aangepakt. Dit maakt $250.000 \times 28\% \times 95\% \times 27,5\%$ is 18.288 m² aan tuinen. En dit maakt $250.000 \times 28\% \times 5\% \times 27,5\%$ is 963 m² aan moes-/volkstuinten.

- Circa 2% van de wijk omvat plaatsen waar kinderen spelen. We rekenen met twee plaatsen waar kinderen spelen van 50x50 m in de wijk, in totaal 5.000 m². Op grond van de ingeschatte effectiviteit van de maatregel rekenen we dat 100% van het areaal daadwerkelijk wordt aangepakt.
- Op grond van ervaring van provincie Overijssel hanteren we een opslag voor apparaatskosten van 10% bovenop de uitvoeringskosten van aanpak van kinderspeelplaatsen.

G.2 Onderbouwing kentallen oppervlaktebepaling bodemgebruiksvormen

Bron 1: CBS vierkantstatistieken 500x500 m

We hebben open data gebruikt van CBS. De bestanden CBSvierkanten100m en CBSvierkanten500m zijn opgebouwd uit de geometrie van vierkanten van respectievelijk 100 bij 100 meter en 500 bij 500 meter. Per vierkant zijn statistische gegevens aan dit bestand gekoppeld. Met deze cijfers kunnen gelijke gebieden van Nederland onderling worden vergeleken. Omdat vierkanten niet door de tijd wijzigen, zijn ook vergelijkingen in de tijd beter mogelijk. Versie: deze uitgave betreft de update van CBSvierkanten100m en CBSvierkanten500m in 2014.

We hebben met deze gegevens berekend welk oppervlakte binnen een 500x500 m vierkant onbebouwd is (begroeid of onbegroeid) van het areaal dat een woonfunctie heeft. Deze oppervlakte hebben we omgerekend naar een percentage. Tevens is het aantal kinderen tussen 0 en 14 jaar binnen dat vierkant vermeld (het vierkant is 25 hectare groot).

We hebben de volgende vierkanten geselecteerd:

- Blok E2580N4920, Ootmarsum, centrum (groene wijk), 25% (95 kinderen);
- Blok E2470N4795, Borne, Letterveld (groene wijk), 30% (180 kinderen);
- Blok E1905N5075, Kampen, Binnenstad (versteend), 9% (195 kinderen);
- Blok E1890N5070, Kampen, Hagenbroek (groene wijk), 27% (290 kinderen);
- Blok E1055N4255, Dordrecht, Bleijenhoek centrum (versteende wijk), 8% (345 kinderen);
- Blok E1050N4235, Dordrecht, Krispijnse Driehoek (groene wijk), 33% (585 kinderen);
- Blok E1375N4565, Utrecht, Wittevrouwen (versteende wijk), 20% (775 kinderen);
- Blok E1365N4580, Utrecht, Overvecht (versteende wijk), 11% (360 kinderen);
- Blok E1365N4525, Utrecht, Nieuw-Hoograven (versteende wijk), 22% (740 kinderen);
- Blok E1365N4595, Utrecht, Gagelbos (lintbebouwing), 4% (0 kinderen);
- Blok E1910N4440, Arnhem, Sint Marten (versteende wijk), 11% (215 kinderen);
- Blok E1905N4460, Arnhem, Alteveer (groene wijk), 28% (265 kinderen);
- Blok E1935N4435, Arnhem, Presikhaaf (versteende wijk), 24% (230 kinderen);
- Blok E1890N4450, Arnhem, Sterrenberg (groene wijk), 52% (255 kinderen).

Bron 2: Rapport Tauw (2013)

In deze studie is voor vier steden in Overijssel bepaald welke oppervlaktes aan gevoelig bodemgebruik aanwezig zijn in de oude binnensteden. Hieronder zijn de resultaten (uit tabel 3.1 van het rapport) opgesomd.

- tuinen en moestuinen (exclusief schuren):
 - Hasselt (groen) 6,00 ha van 22 ha = 27,3%;
 - Kampen (versteend) 8,01 van 68 ha = 11,8%;
 - Oldenzaal (groen) 6,39 van 34 ha = 18,8%;
 - Ootmarsum (groen) 1,57 van 7 ha = 22,4%.
- plaatsen waar kinderen spelen:
 - Hasselt (groen) 0,15 ha van 22 ha = 0,7%;
 - Kampen (versteend) 0 van 68 ha = 0%;
 - Oldenzaal (groen) 0,4 van 34 ha = 1,2%;
 - Ootmarsum (groen) 0 van 7 ha = 0%.
- natuur/groen (excl. kinderspeelplaatsen):
 - Hasselt (groen) 3,1 ha van 22 ha = 14,1%;
 - Kampen (versteend) 8,64 van 68 ha = 12,7 %;
 - Oldenzaal (groen) 2 van 34 ha = 5,9%;
 - Ootmarsum (versteend) 0,27 van 7 ha = 3,9%.

Bron 3: Voorbereiding bodemsanering groene woonwijk

Het te saneren plangebied van circa 50 ha is te kenschetsen als een groene woonwijk, en bestaat uit de functies Openbaar groen, Agrarisch en Wonen met een totaal oppervlak van 27,2 ha. Dit is onder te verdelen in:

- Openbaar groen (3,9 ha):
 - gevoelig gebruik (moestuinen, plaatsen waar kinderen spelen): totaal geschat op 2,15 ha, 4,3%;
 - minder gevoelig gebruik: Totaal geschat op 1,75 ha, 3,5%.
- Agrarisch terrein (0,5 ha.), 0,1%.
- Wonen (22,8 ha.), 46%. Bij wonen is het uitgangspunt dat van het woondeel 25 % bebouwd is. 75% van het oppervlak betreft tuinen.
 - tuinen: 17,1 ha, 34%

G.3 Onderbouwing kentallen kosten algemene gebruiksadviezen

Bron 4

Eenmalig verwerken van de informatie op website, bodemloket, tekst opnemen in standaardbrieven, € 10.000.

Bron 5

Een provincie heeft algemene communicatie geprogrammeerd in het meerjarenprogramma bodem en ondergrond, maar heeft voor dit onderdeel geen kosten begroot. De benodigde tijd en kosten wordt derhalve betaald uit de lopende begroting.

G.4 Onderbouwing kentallen kosten locatiegerichte gebruiksadvisen

Bron 6

Voorlichtingscampagne gericht op ouders met jonge kinderen, via een folder die onder andere ligt bij consultatiebureaus, artsen en scholen, over de risico's van blootstelling aan lood. Verder worden vooral tips en gebruiksadvisen gegeven om de inname van lood in de bodem, maar ook afkomstig van waterleidingen, te minimaliseren. De geschatte kosten zijn:

- eenmalige materiaalkosten (ontwerp en drukken flyers en poster), € 1.200;
- eenmalige personeelskosten, € 2.000;
- exclusief apparaatskosten, circa 1 jaar werk voor 1 fte à € 120.000.

Bron 7

Een campagne betreft algemene gebruiksadvisen en doelgroepgerichte communicatie (tuincentra, scholen en kinderdagverblijven). De kosten bedragen:

- eenmalige kosten voor plan van aanpak, brieven en 1.000 folders. € 4.000;
- apparaatskosten voorlichtingscampagne, 100 uur à € 88. € 8.800;
- jaarlijkse herhalingskosten vallen binnen reguliere ambtelijke kosten.

G.5 Onderbouwing kentallen kosten functiegericht saneren

Bron 8

- Aantal te saneren tuinen 10 (naast elkaar gelegen).
- Oppervlakte individuele tuin 50 m².
- Per tuin blijft 10 m² stenen schuur staan.
- Ontgraven tot 1 m -mv. Totaal te ontgraven 10*40*1= 400 m³.
- Kwaliteit van te ontgraven grond is klasse Niet toepasbaar (lood 865 mg/kg in zandgrond of kleigrond).
- Aanvullen put met schone grond (AW2000) geschikt voor tuin.
- Locatie is moeilijk te bereiken (kleine achtertuinten): smalle straat met veel verkeer.
- Inclusief het opschonen (verwijderen beplanting, schuttingen, opnemen verharding, etc.). Stenen gebouwen en funderingen blijven staan.
- Werkzaamheden vinden plaats onder 3T-condities (opstellen V&G-plan, begeleiding DLP-er).
- Inclusief indicatief bodemonderzoek kwaliteit toplaag 0-1 m -mv à € 5.000 voor 10 tuinen.
- Inclusief opstellen van een saneringsplan.
- Inclusief milieukundige begeleiding van de werkzaamheden.
- Exclusief kosten voor ondersteunen van kabels en leidingen.
- Exclusief BTW.
- Prijspeil 2016.
- Exclusief herinrichting tuin.
- Totale geraamde kosten (afgerond): € 96.000.
- Kosten per m²: € 91.500 / 500 = € 183.
- Calculatie meerkosten slecht te bereiken tuinen bij functiegericht saneren van tuinen in een versteende woonwijk:
 - Locatie via de weg bereikbaar met graafmachine. Ervan uitgaan dat alles met een kraan over het dak moet worden geplaatst (bijv. blok met binnentuinen).
 - Totale geraamde kosten (afgerond): € 40.000.
 - Kosten per m²: € 40.000 / 500 = € 80.

Bron 9

Saneren van immobiele verontreinigingen (onder interventiewaarde) op een defensie terrein, functiegericht leeflaag 1 m met schone grond. Inclusief milieukundige begeleiding. Prijspeil 2009. Eenheidsprijzen: € 147 per m² exclusief BTW.

Bron 10

Een overheidspartij hanteert als kentallen voor bodemsanering van diffuse verontreinigingen het volgende:

- aannemerskosten uitvoering: € 100 bij makkelijke locaties, oplopend tot € 300 bij moeilijke locaties;
- exclusief onderzoek, milieukundige begeleiding, herinrichting van tuinen, BTW.

Bron 11

Er heeft een functiegerichte bodemsanering (1 meter leeflaag) plaatsgevonden in 2011 van 7 grote, makkelijk te bereiken tuinen in Oost-Nederland. Totale gesaneerde oppervlakte is 1.675 m². Geraamde kosten waren € 221.509. Dus prijs per m² was € 132.

- exclusief herinrichten tuinen, bodemonderzoek;
- inclusief, opruimen van tuinen, milieukundige begeleiding.

Bron 12

Er heeft in 2009 een functiegerichte sanering (1 meter leeflaag) plaatsgevonden van 530 m² moeilijk bereikbare, kleine tuinen in een grote stad.

- Aannemerskosten op basis van mondelinge informatie: € 82.000. Dus prijs per m² is € 155.
- Exclusief geraamde kosten voor herinrichten van tuinen à 85 € per m².
- Exclusief milieukundige begeleiding, onderzoek.
- Inclusief bemaling, sloop schuren.

Bron 13

Op basis van mondelinge informatie bedragen de kosten voor tuinsanering in een grote stad:

- ontgraven tuinen in stedelijk gebied, € 120/m²;
- kosten voor moeilijk te bereiken tuin kunnen oplopen tot € 240/m².

Bron 14

Ervaringsgetallen vergoeding voor herinrichting tuinen na sanering lopen uiteen van € 3.000-16.000, meeste rond € 5.000-6.000. Wellicht meer afhankelijk van inrichting van de tuin dan van oppervlakte. De vergoedingen bij een project lagen tussen 55 en 1.000 €/m². Aangenomen dat tuinen circa 100 m² groot zijn, dan zijn de kosten voor herinrichten 30 tot 160 €/m², meestal rond de 50 tot 60 €/m². Uitschieters naar boven hangen af van de specifieke inrichting van tuinen.

Een saneringsproject heeft (rond 2001) € 558.000 gekost voor een locatie van 2.100 m². De kosten per m² bedroegen € 266 inclusief tuininrichting.

Bron 15

Er wordt een groene woonwijk gesaneerd (2015-2017). De doelstelling is 1 meter leeflaag schone grond. In totaal wordt 19,75 ha gesaneerd met geraamde saneringskosten van € 40.000.000. De saneringskosten per m² bedragen € 202.

- Inclusief herstellen van tuinen. Kosten liggen tussen de 10 en 70 €/m². Gemiddeld genomen wordt uitgegaan van herinrichtingskosten à 30 €/m².
- Inclusief milieukundige begeleiding.

De provincie schat de benodigde extra ambtelijke inzet voor het projectmanagement (apparaatskosten) op 10% van de uitvoeringskosten. Kosten voor vergunningverlening (bevoegd gezag Wet bodembescherming) worden betaald uit de lopende begroting.

G.6 Onderbouwing kentallen kosten faciliteren

Bron 16

De raming van de uitvoering van een subsidieregeling is: 10 cm leeflaag met graszoden + geotextiel = € 1.582 + 120 = € 1.600 voor 50 m². Eenheidsprijs is 32 €/m².

Bijlage H De waardering van een IQ-punt

De waarde van (vermeden) IQ-verlies is gebaseerd op het inkomensverlies dat veroorzaakt wordt door dat IQ-verlies, over het gehele leven (*lifetime income*). Bij het bepalen van het inkomensverlies is rekening gehouden met een kans dat iemand zijn pensioengerechtigde leeftijd niet haalt en met een groei in arbeidsproductiviteit. Bij het bepalen van de relatie tussen IQ en het inkomen wordt rekening gehouden met directe effecten (lager uurloon) en indirecte effecten (lager opleidingsniveau en lagere arbeidsparticipatie).

We hanteren een specifieke waarde voor Nederland uit Bellanger (2013). Deze is gebaseerd op Amerikaanse inkomensdata van Grosse (2002), geüpdatet door Nevin et al. (2008). Bellanger heeft de Amerikaanse data omgerekend naar Nederlandse waarden door rekening te houden met verschillen in koopkracht en productiviteit.

Voor de berekening van het inkomensverlies zijn jaarlijkse toekomstige inkomsten gedisconteerd met een discontovoet van 3%. Het contante bedrag geeft de verwachte inkomsten op tweejarige leeftijd. We hebben dat omgerekend (gedisconteerd) naar de verwachte inkomsten bij de geboorte. Zo komen we op €₂₀₁₆ 17.705 per vermeden verlies van 1 IQ-punt.

Vergelijking met andere studies

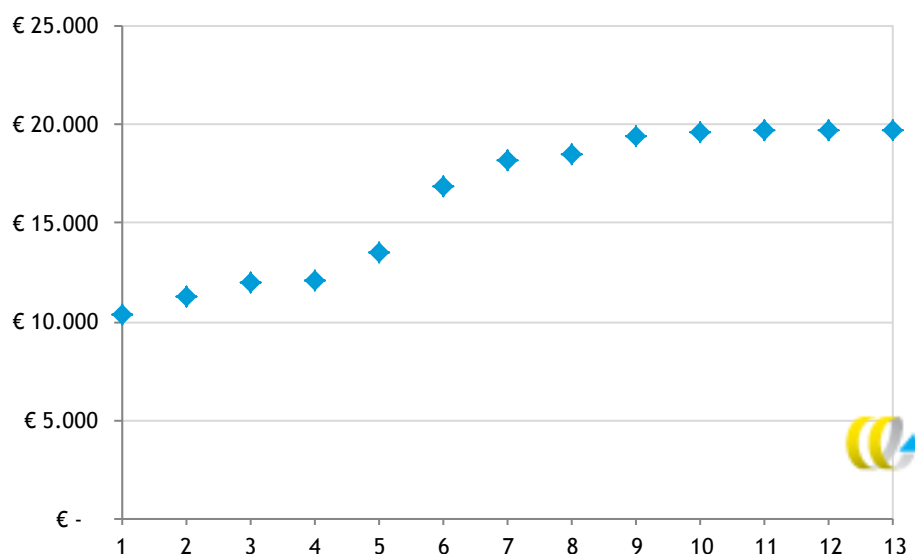
De waardering die we gebruiken in deze studie is hoger dan de € 12.164²⁶ die is gebruikt in de MKBA Bodemsanering (MNP, 2007). In die MKBA is een waarde overgenomen uit Spadaro & Rabl (2004), gebaseerd op een gemiddelde van bestaande studies²⁷. In een recentere studie (2014) komen Spadaro en Rabl op de hogere waarde van een IQ-punt van \$ 18.000 voor de Verenigde Staten.

²⁶ Dit is naar 2017 geactualiseerde waarde van € 10.000 in 2007.

²⁷ Eén van de studies waarnaar verwezen wordt komt feitelijk op een hogere waardering dan waar Spadaro & Rabl mee lijken te rekenen. In plaats van de 3.000 euro/IQ-punt, staat in de Lutter (2000) een waarde van \$ 8,300. Als je hiermee rekening houdt, zou het gemiddelde flink hoger moeten uitkomen.

In Figuur 15 staat een overzicht van waarden uit andere studies, geactualiseerd op basis van wisselkoers en productiviteitsgroei.

Figuur 15 De waardering van een IQ-punt, geactualiseerd naar 2017 (€ 2016)



Tabel 61 Toelichting: de nummers in de figuur corresponderen met de volgende studies

Nummer	Auteur	Jaar	Land
1	Bierkens	2013	EU
2	Lutter	2000	USA
3	MNP	2007	EU
4	EPA	1998	USA
5	Spadaro & Rabl	2004	EU
6	Nedellec & Rabl	2016	EU
7	Nevin	2008	Verschillende landen
8	Gould	2009	USA
9	Rabl, Spadaro, Holland	2014	USA
10	Grosse	2002	USA
11	Muir & Zegerac	2001	USA/Canada
12	Pichery et al.	2011	Frankrijk
13	Bellanger et al.	2013	EU

De gemiddelde waardering ligt op € 16.249, de mediaan op € 18.176.
De door ons gehanteerde waarde specifiek voor Nederland ligt hiertussen.
De standaarddeviatie van het gemiddelde ligt op € 1.046.

De waardering in perspectief van de inkomensverdeling in Nederland

Om de waardering in perspectief te plaatsen vergelijken we de waardering per IQ-punt met de inkomensverdeling in Nederland.

€ 17.705 bruto inkomen per IQ-punt over het arbeidszame leven komt neer op € 744 per jaar per IQ-punt. Het gemiddeld bruto inkomen in Nederland is € 30.000 per persoon per jaar (bron: CBS, waarde 2014). Ervan uitgaande dat een persoon met een gemiddeld inkomen een gemiddeld IQ heeft, zou het inkomen van een persoon met een IQ van 130 uitkomen op € 52.309.

Deze persoon zou behoren tot de 2,5% mensen met het hoogste IQ (30 IQ-punten is 2 standaarddeviaties boven het gemiddeld IQ). Ter vergelijking: het gemiddeld bruto inkomen van de 10% personen met het hoogste inkomen in Nederland is ongeveer € 91.100 (bron: CBS, waarde 2014). Stel dat dit gelijk is aan het gemiddeld inkomen van de 2,5% mensen met het hoogste IQ. In dat geval is het verschil tussen het gemiddeld inkomen en het inkomen van de 2,5% mensen met het hoogste IQ € 61.100, waarvan 22.310 wordt verklaard door IQ. IQ verklaart dan 37% van het verschil in inkomen tussen mensen met een gemiddeld inkomen en mensen met een topinkomen²⁸.

Het gebruik van de waardering van een IQ-punt in deze studie

De maatregelen leiden tot een vermeden IQ-verlies bij kinderen nu en bij kinderen in de toekomst.

Het *lifetime income* van een kind dat bijvoorbeeld over tien jaar geboren wordt, zal hoger zijn dan van een kind dat nu geboren wordt. In onze berekening van de waardering van het IQ-verlies wordt 'de waarde van het vermeden IQ-verlies dan ook jaarlijks verhoogd met de groei van de arbeidsproductiviteit. Deze volgt uit de WLO-scenario's (zie Tabel 62).

Tabel 62 Jaarlijkse groei arbeidsproductiviteit, WLO-scenario's

	2015-2030	2030-2050
WLO Hoog	1,8%	1,6%
WLO Laag	1,5%	1,2%

Bron: www.wlo2015.nl

Omdat het inkomen van een kind dat over tien jaar geboren wordt, later wordt verdiend dan een kind dat nu geboren wordt, disconteren we het inkomen van het kind dat over tien jaar geboren wordt met de discontovoet.

De gemiddelde, gediscoteerde waardering van een IQ-punt (inclusief bijstelling vanwege groei van de arbeidsproductiviteit) over de jaren in de door ons gehanteerde tijdshorizon is gelijk aan € 4.578 per IQ-punt.

²⁸ De verklaarde variantie is dan ongeveer 15%. Dat komt overeen met de gevonden verklaarde variantie het inkomen door IQ in Irwing & Lynn (2006) voor Engeland.

Bijlage I Verklaring verschillen met MNP (2007)

In vergelijking met een eerder uitgevoerde MKBA van sanering in geval van (onder andere) loodverontreiniging (MNP, 2007), is het maatschappelijk saldo in onze analyse aanzienlijk hoger. De belangrijkste reden hiervoor is de aanname over het aantal kinderen dat is blootgesteld. In deze MKBA is dat representatief voor een woonwijk in Nederland. Dat aantal is hoger dan het aantal dat is meegenomen in de MNP studie. Daar gaat het namelijk ook om saneringslocaties op plekken anders dan woonwijken (55% van de locaties ligt binnen bebouwd gebied, 40% ligt in landbouwgebied).

Andere redenen zijn:

1. Actualisering inzichten over de risicogroep (alle kinderen van 0-6 in plaats van alleen kinderen van 0-4 met een blootstelling boven het MTR-humaan);
2. Actualisering inzichten over het verband tussen blootstelling en lood in bloed (een stijging van loodinname van $1 \frac{\mu\text{g}}{\text{kg lw}} \frac{\text{lw}}{\text{d}}$ leidt tot een stijging van de loodconcentratie in het bloed van 15 tot 20 $\mu\text{g/l}$ in plaats van 10 $\mu\text{g/l}$).
3. Actualisering inzichten over het verband tussen de loodconcentratie in het bloed en het IQ-verlies (ongeveer 13 $\mu\text{g/l}$ leidt tot vermindering van 1 IQ-punt in plaats van 20 tot 40 $\mu\text{g/l}$ leidt tot vermindering van 1 IQ-punt).
4. Actualisering van de waardering van 1 IQ-punt (€₂₀₁₆ 17.705 in plaats van € 10.000).
5. Langere tijdshorizon en lagere discontovoet. De MNP-studie hanteerde een tijdshorizon van 100 jaar en een discontovoet van 4,5%. In overeenstemming met de nieuwste inzichten uit de werkwijzer van MKBA's in het milieubeleid, hanteren we in deze studie een oneindige tijdshorizon (praktisch: 250 jaar) en een discontovoet van 3%.

Bijlage J Discontovoet

In deze bijlage lichten we de keuze voor de hoogte van de discontovoet (3%) nader toe.

In 2015 heeft de door het kabinet ingestelde Werkgroep Discontovoet een advies opgesteld over de hoogte van de discontovoet (Werkgroep Discontovoet, 2015). Het kabinet heeft de aanbevelingen van de werkgroep verplicht gesteld (Financiën, 2015) voor gebruik in MKBA's ten behoeve van een evaluatie van het overheidsbeleid. De werkgroep komt tot de conclusie dat de risicovrije discontovoet op 0% kan worden gesteld, en hanteert een standaard risico-opslag van 3% voor gebruik in een MKBA. Dit nieuwste advies wijkt daarmee af van de voorgaande adviezen (periode 2009-1 april 2016), waarin lagere discontovoeten werden voorgeschreven voor onomkeerbare effecten, zoals IQ-verlies.

Dit impliceert dat voor de meeste projecten (alle projecten op het gebied van onderwijs en infrastructuur kennen een hogere discontovoet) er in een MKBA wordt gewerkt met een reële risicogewogen discontovoet van 3%.

Deze discontovoet wordt voorgeschreven voor de kosten en de baten voor zowel de korte als de langere termijn (over de generaties heen).