

# Update Milieuanalyse Onkruidbestrijding op verhardingen

Amsterdam, 19 september 2005

IVAM

research and consultancy on sustainability

Roetersstraat 33 - 1018 WB Amsterdam - Postbus 18180 - 1001 ZB Amsterdam

Tel. 020-525 5080, Fax 020-525 5850, internet: [www.ivam.uva.nl](http://www.ivam.uva.nl), e-mail: [office@ivam.uva.nl](mailto:office@ivam.uva.nl)

## Colofon

ISO Doc. nr. O – 0537							
Titel	Update Milieuanalyse ‘Onkruidbestrijding op verhardingen’						
Auteur(s)	ing. R.J. Saft						
Interne review door	ir. H.A.L. van Ewijk						
<p>Deze rapportage is tot stand gekomen in opdracht van Rijkswaterstaat/Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) en de VEWIN. Contactpersonen RIZA: dhr. D.F. Kalf, dhr. J. Meijerink (tot 1 juni 2005), mw. C. Baltus (na 1 juni 2005). Contactpersoon VEWIN: dhr. A. Bannink.</p> <p>Adres:</p> <table><tr><td>RIZA</td><td>VEWIN</td></tr><tr><td>Postbus 17</td><td>Postbus 1019</td></tr><tr><td>8200 AA Lelystad</td><td>2280 CA Rijswijk</td></tr></table>		RIZA	VEWIN	Postbus 17	Postbus 1019	8200 AA Lelystad	2280 CA Rijswijk
RIZA	VEWIN						
Postbus 17	Postbus 1019						
8200 AA Lelystad	2280 CA Rijswijk						
<p>Voor meer informatie over deze rapportage kunt u contact opnemen met: ing. R.J. Saft, tel. 020 – 525 5917, <a href="mailto:rjsaft@ivam.uva.nl">rjsaft@ivam.uva.nl</a></p>							
<p>Gegevens uit deze rapportage mogen worden overgenomen mits onder uitdrukkelijke bronvermelding. IVAM UvA bv aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.</p>							

## 0. Samenvatting

In 2002 is door IVAM een onderzoek uitgevoerd naar beslisfactoren die van toepassing zijn op onkruidbestrijding op verhardingen. De milieu-effecten zijn toen met een LCA in beeld gebracht. De slotconclusie luidde destijds dat chemische onkruidbestrijding vanuit milieu-overwegingen verreweg de slechtste keuze is. De toepassing van alternatieve methoden leidt bovendien niet tot onevenredige afwenteling van milieueffecten. Chemische bestrijding is daarentegen veruit de goedkoopste bestrijdingsmethode, leidt nauwelijks tot hinder voor omwonenden en is gebruikersvriendelijk.

Na het verschijnen van het rapport zijn sommige van de beschreven onkruidbestrijdingstechnieken verder ontwikkeld. Dit geldt vooral voor de techniek die gebruik maakt van heet water en voor de chemische onkruidbestrijding. Voor dit laatste is inmiddels de DOB-systematiek ontwikkeld waarmee afwegingen gemaakt kunnen worden waar chemie wel en niet toegepast kan worden ter bescherming van oppervlakte-waterkwaliteit. Naar aanleiding van deze ontwikkelingen heeft de NBW-projectgroep Onkruidbestrijding Verhard Oppervlak (OVO) gevraagd om een update van de bestaande LCA uit te voeren.

De scope van de studie is hetzelfde als in 2002: onkruidbestrijding op gemeentelijke trottoirs. De analyse is dan ook gebaseerd zijn op dezelfde vergelijkingsbasis ('functionele eenheid') als bij de vorige LCA. De functionele eenheid is de onkruidbestrijding op 1000 vierkante meter trottoir met tegel van 30x30 cm en gedurende 1 jaar waarbij een zeer geringe onkruidbegroeiing resteert. Evenals in de vorige LCA wordt de CML-karakteriseringsmethodiek als uitgangspunt genomen. De gekarakteriseerde scores worden genormaliseerd ten opzichte van de totale milieubelasting in Nederland.

De input voor de LCA was ten dele gelijk aan die van de vorige LCA. Een aantal belangrijke parameters zijn echter gewijzigd of toegevoegd:

- Bij chemische bestrijding is nu rekening gehouden met een indirecte belasting van oppervlaktewater via de rwzi;
- Bij chemische bestrijding is nu rekening gehouden met de vorming van ampa als metabool van glyfosaat en met de toepassing van mcpa als additioneel herbicide;
- Bij borstelen is er nu van uitgegaan dat veegafval wordt gecomposteerd in plaats van verbrand;
- Bij de heet water techniek is nu uitgegaan van een veel lager waterverbruik per vierkante meter en navenant lager energieverbruik;
- Voor alle technieken zijn verbeterde emissiefactoren voor de verbruikte brandstoffen meegenomen. Ook nu echter wijken de factoren van de daadwerkelijke emissies uit werktuigdragers omdat van deze laatste geen gegevens voorhanden zijn;
- Met uitzondering van chemische onkruidbestrijding is voor alle technieken de toepassingsfrequenties (aantal behandelingen per jaar) verhoogd om het nagestreefde kwaliteitsbeeld 2 te kunnen bereiken.

Het DOB-scenario is nieuw in deze LCA. In dit scenario is ten opzichte van de 'klassieke' chemische onkruidbestrijding onder meer rekening gehouden met een lagere dosering van de actief stof (glyfosaat) en een lagere afspoeling van de actieve stof naar oppervlaktewater. De mate van afspoeling kon echter niet eenduidig worden vastgesteld omdat de literatuurbronnen verschillende uitkomsten lieten zien. Daarom zijn twee scenario's doorgerekend. Het scenario DOB Laag heeft een afspoelpercentage naar oppervlaktewater van 3%, het scenario DOB Hoog heeft een afspoelpercentage van 25%. De afspoeling van de 'klassieke' chemische onkruidbestrijding is gehandhaafd op 50%.

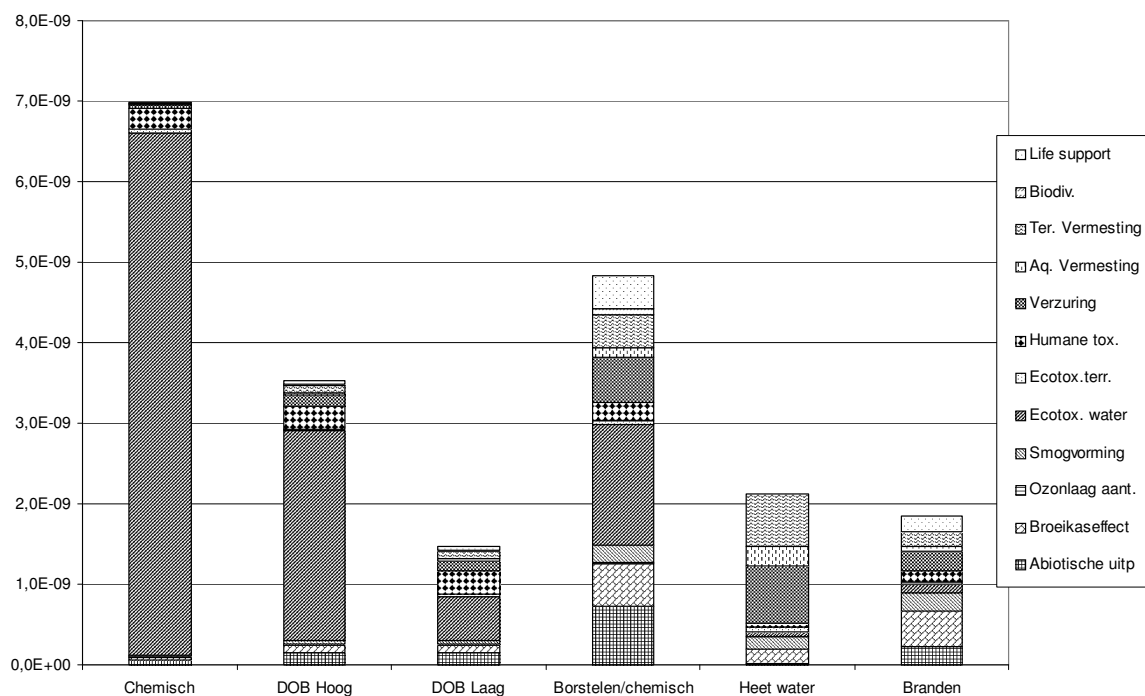
Relevant is verder dat voor onkruidbestrijding op verhardingen een certificatiesysteem bestaat dat door Stichting Milieukeur in samenwerking met PRI (Plant Research International) is ontwikkeld. Het systeem

is vervat in de Barometer Duurzaam Terreinbeheer (BDT) en bedoeld om duurzaam beheer van groene en verharde terreinen op een duidelijke manier in beeld te brengen. De barometer heeft drie niveaus: Brons, Zilver en Goud. Het hier berekende DOB-scenario komt sterk overeen met het niveau Brons uit het certificatiesysteem.

Daarnaast is in deze studie een scenario ontwikkeld en doorgerekend dat recht doet aan het niveau Zilver/Goud van het certificatiesysteem. Hierin is het aandeel chemische bestrijding beperkt tot 2% van het verharde oppervlak en wordt de overige 98% met niet-chemische technieken behandeld. Bovendien gelden aanvullende voorwaarden voor de toegepaste brandstoffen en smeermiddelen.

Onderstaande figuur geeft de resultaten van de LCA-berekeningen. Er is voor gekozen om de genormaliseerde scores gestapeld te presenteren en zodoende de overzichtelijkheid van de uitkomsten te vergroten. De uitkomsten van de scenario's die passen in de BDT zijn in een aparte figuur (figuur S3) opgenomen.

Figuur S1 Genormaliseerde scores van scenario's voor onkruidbestrijding



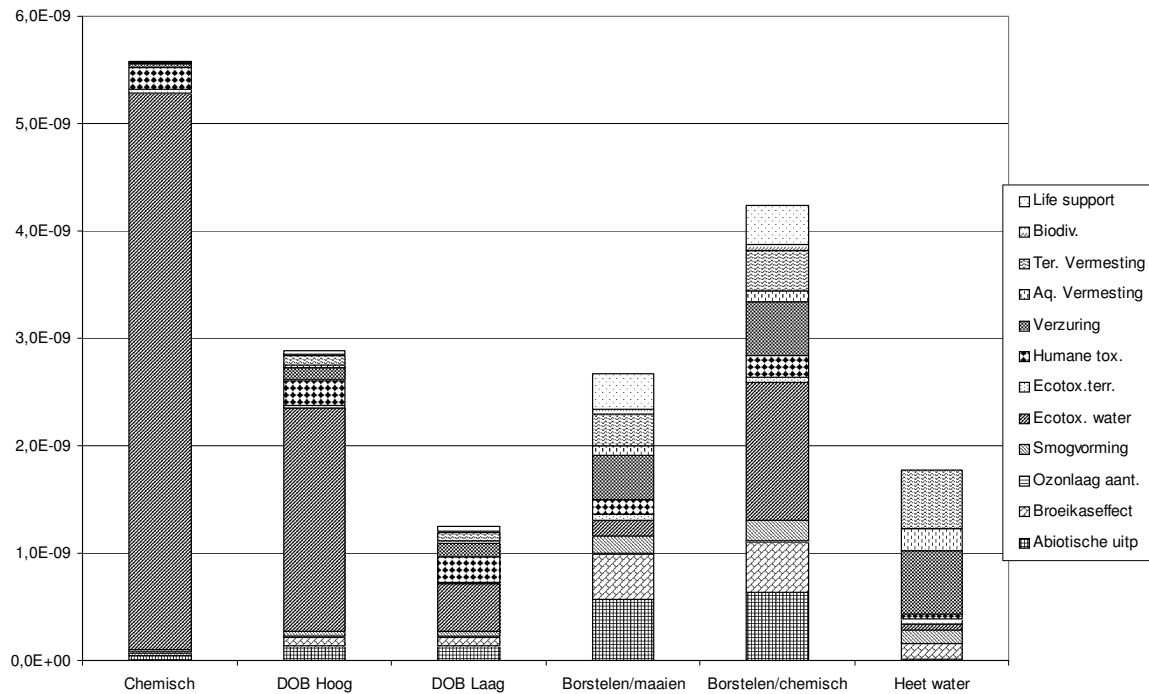
Als de werkpakketten beoordeeld worden, hebben borstelen en chemische bestrijding met sensor-gestuurde techniek de hoogste, dus slechtste scores. De pakketten DOB Laag, heet water en branden hebben ongeveer vergelijkbare scores. Het pakket met DOB Hoog zit hier tussen in.

Let wel, dit is gebaseerd op het totaal van alle gestapelde effectscores van de individuele LCA-thema's. Indien er meer gewicht wordt gegeven aan 1 of meerdere van die LCA-thema's, kan dat gevolgen hebben voor de conclusies.

Het is moeilijk te beoordelen of hier sprake is van significante verschillen. Afgaande op de verrichte gevoeligheidsanalyse geven de huidige milieuprofielen een betrekkelijk robuust beeld van de milieu-impact. In sommige LCA-studies wordt als vuistregel aangehouden dat verschillen in het milieuprofiel met een factor 2 of meer als significante verschillen mogen worden beschouwd. In dat licht hebben sommige werkpakketten inderdaad een significant verschillend milieuprofiel (zie figuur S1).

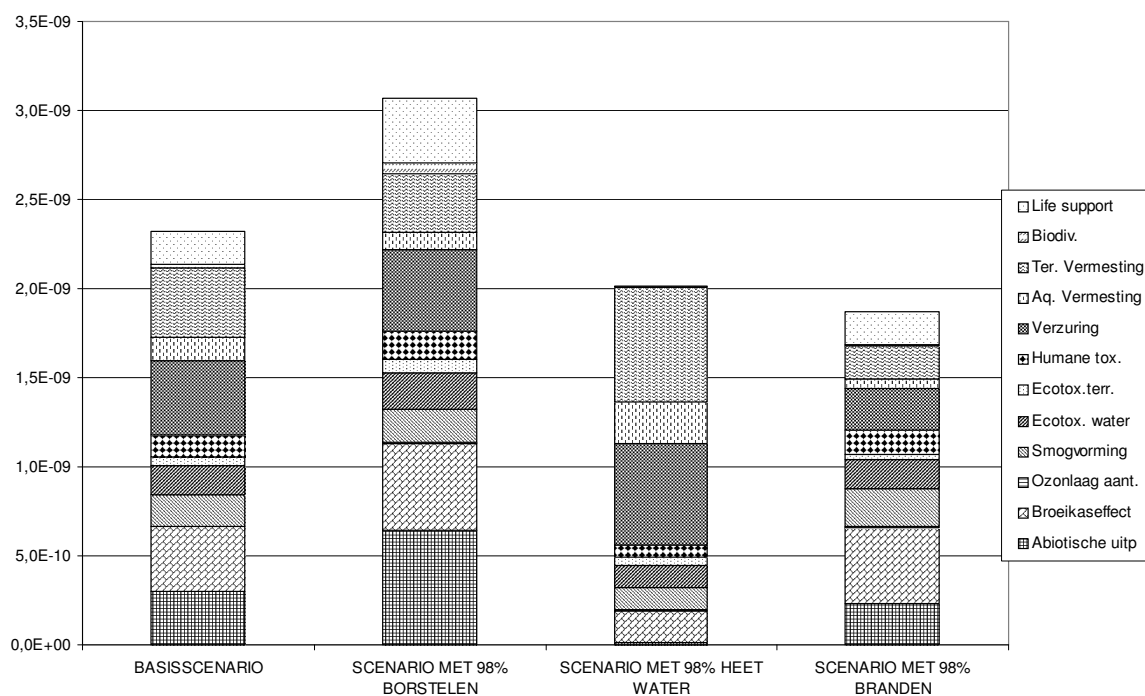
De pakketten DOB Laag, heet water en branden zijn onderling niet significant verschillend maar wel significant gunstiger dan de pakketten met sensorgestuurde chemische bestrijding en borstelen/chemische bestrijding. Het milieuprofiel van het pakket DOB Hoog is significant beter dan de 'klassieke' sensorgestuurde chemische onkruidbestrijding maar niet significant beter dan borstelen (in combinatie met chemische bestrijding). Het subscenario waarbij de borstelmachine wordt gecombineerd met de bosmaaier, en dat alleen geschikt is om een kwaliteitsbeeld 3 te halen, heeft een vergelijkbaar milieuprofiel als het pakket DOB Hoog. Dit komt door het grotendeels wegvallen van de score op het thema ecotoxiciteit indien geen chemische bestrijding plaatsvindt. Zie ter illustratie ook figuur S2.

Figuur S2 Genormaliseerde scores van scenario's voor kwaliteitsbeeld klasse 3



Figuur S3 illustreert het milieuprofiel van het niveau Zilver/Goud uit de BDT. Voor deze niveau gelden strengere eisen, zoals het niet toepassen van MCPA als onkruidbestrijdingsmiddel. Daarentegen worden wel zwavelarme diesel en schone alkylaatbenzine toegepast. Verder mag het oppervlak waarop chemische onkruidbestrijding plaatsvindt niet meer bedragen dan 2%. Voor de overige 98% is een basisscenario vastgesteld met een evenredige verdeling tussen 3 niet-chemische pakketten (borstelen/maaien, heet water en branden). In de andere scenario's wordt steeds 1 pakket toegepast.

Figuur S3 Genormaliseerde scores van scenario's binnen de Barometer Duurzaam Terreinbeheer



Het blijkt goed mogelijk om scenario's te beschrijven en te berekenen die recht doen aan de criteria van de Barometer Duurzaam Terreinbeheer (BDT). De uitkomsten zijn niet precies vergelijkbaar met die in figuur S1 omdat het pakket met borstelen/bosmaaier niet in figuur S1 voorkomt. Op hoofdlijnen is wel een vergelijking te maken.

Omdat slechts 2% van het oppervlak hier met chemische bestrijding (DOB-scenario) gebeurt, speelt het milieueffect van dit pakket maar een kleine rol in het milieuprofiel en alleen bij het LCA-thema aquatische ecotoxiciteit. De niet-chemische pakketten bepalen vooral het milieuprofiel. Binnen het niveau Zilver/Goud zijn dus optimalisaties mogelijk door de keuze van het pakket niet-chemische onkruidbestrijding aan te passen, hoewel de verschillen tussen de werkpakketten niet zeer groot zijn.

In vergelijking met de LCA uit 2002 valt op dat de milieuprofielen van chemische bestrijding, borstelen (zowel aangevuld met bosmaaier als met chemische bestrijding) en heet water onderling niet sterk veranderd zijn. In het geval van branden als pakket is het beeld nogal gunstiger geworden. Dit heeft alles te maken met de emissiefactoren die voor LPG zijn aangehouden en in deze studie op grond van nieuwe inzichten zijn veranderd. In deze studie is de factor voor CO<sub>2</sub> licht hoger, maar zijn die voor NOx en koolwaterstoffen fors lager. Dit leidt tot lagere scores bij verschillende LCA-thema's.

De gevoeligheid van de resultaten is kwantitatief getoetst in een aantal analyses. De volgende parameters zijn getoetst:

- Gevoeligheid van milieuprofielen voor het aantal obstakels op de verharding;
- Gevoeligheid van milieuprofielen voor het nagestreefde kwaliteitsbeeld (zie figuur S2);
- Gevoeligheid van milieuprofielen voor de gehanteerde emissiefactoren van brandstoffen;
- Gevoeligheid van het scenario Zilver/Goud voor de toegepaste niet-chemische bestrijdingstechniek.

De gevoeligheidsanalyse laten zien dat de bandbreedtes in uitkomsten betrekkelijk gering zijn en/of evenredig in omvang voor alle scenario's.

De invloed van de keuze dat veegafval na het borstelen in een composteerinrichting wordt verwerkt, is alleen kwalitatief beschouwd. Composteren heeft een beter milieuprofiel dan storten en minimaal een gelijkwaardig milieuprofiel in vergelijking met verbranden. De hier gemaakte keuze is dus relatief gunstig voor borstelen als werkpakket.

Een andere relevante kanttekening is dat momenteel nog onvoldoende ervaring is opgedaan met de DOB-methode om zeker te weten dat deze in staat is een straatbeeld volgens klasse 2 (zeer geringe onkruidbegroeiing) te handhaven. In deze studie is er van uitgegaan dat dit wel het geval is.

## Inhoudsopgave

0.	Samenvatting.....	3
1.	Aanleiding en doel.....	9
2.	Onderzoeksopzet .....	10
3.	Beschrijving werkpakketten.....	14
	Werkpakket 1a Chemische bestrijding met sensorgestuurde apparatuur .....	14
	Werkpakket 2a Borstelmachine/bosmaaier.....	20
	Werkpakket 2b Borstelmachine/chemische bestrijding met rugspuit.....	21
	Werkpakket 3 Heet water machine .....	21
	Werkpakket 4 Branderunit .....	22
4.	Resultaten en conclusies.....	24
	4.1    Uitkomsten LCA .....	24
	4.2    Gevoeligheidsanalyse en kanttekeningen .....	27
	Bijlage 1 Weergave genormaliseerde scores (gestapeld).....	30
	Bijlage 2 Scenario's voor de Barometer Duurzaam Terreinbeheer .....	31
	Bijlage 3 Stofgegevens AMPA ten behoeve van LCA-karakteriseringsfactor .....	34



## 1. Aanleiding en doel

In 2002 is door IVAM Environmental Research en de Chemiewinkel van de Universiteit van Amsterdam in opdracht van het RIZA een onderzoek uitgevoerd naar beslisfactoren die van toepassing zijn op onkruidbestrijding op verhardingen. Dit heeft geresulteerd in het rapport “Beslisfactoren voor onkruidbestrijding op verhardingen, LCA, risico-analyse, kostenanalyse en hinderbeleving”. Het bleek dat chemische onkruidbestrijding van alle bekeken methoden verreweg het slechts scoorde op het milieuthema aquatische ecotoxiciteit voor zoete oppervlaktewateren en op ecotoxiciteit sediment. Op de andere 10 thema’s scoorden de andere methoden in verhouding slechter. De slotconclusie luidde dat chemische onkruidbestrijding vanuit milieu-overwegingen verreweg de slechtste keuze is. De toepassing van alternatieve methoden leidt bovendien niet tot onevenredige afwenteling van milieueffecten. Chemische bestrijding is daarentegen veruit de goedkoopste bestrijdingsmethode, leidt nauwelijks tot hinder voor omwonenden en is gebruikersvriendelijk.

Na het verschijnen van het rapport zijn de beschreven onkruidbestrijdingstechnieken verder ontwikkeld en zijn LCA-kentallen vernieuwd. Ook zijn er nieuwe technieken ontwikkeld zoals de nieuwe WAVE heetwatertechniek. Verder is de chemische methode volgens de DOB-systematiek ontwikkeld waarmee afwegingen gemaakt kunnen worden waar chemie wel en niet toegepast kan worden om aan oppervlaktewatercriteria te voldoen.. Op plaatsen waar chemie wel toegestaan is gelden aanvullende emissiebeperkende maatregelen.

De NBW-projectgroep Onkruidbestrijding Verhard Oppervlak (OVO) had behoefte om deze ontwikkelingen te vertalen naar een update van de LCA uit 2002. De resultaten hieruit zullen gebruikt worden voor het advies over onkruidbestrijding in Nederland dat de projectgroep volgend jaar zal uitbrengen aan het Landelijke Bestuurlijk Overleg Water (LBOW).

Het doel van deze studie is om inzicht te krijgen in de effecten van recente ontwikkelingen in onkruidbestrijdingstechnieken (op verhard oppervlak) op de uitkomsten van de LCA. De scope van de studie is hetzelfde als in 2002: onkruidbestrijding op gemeentelijke trottoirs.

Om deze doelstelling te bereiken, zal de analyse volledig gebaseerd zijn op dezelfde vergelijkingsbasis (‘functionele eenheid’) als bij de vorige LCA. De functionele eenheid is de onkruidbestrijding op 1000 vierkante meter trottoir met tegel van 30x30 cm en gedurende 1 (klimatologisch gemiddeld) jaar waarbij een zeer geringe onkruidbegroeiing resteert. Een zeer geringe onkruidbegroeiing werd destijds (2002) omschreven als kwaliteitsniveau 2 van het classificatiemodel van EcoConsult.

De studie is uitgevoerd door IVAM en begeleidt door de volgende personen:

- A. Bannink (VEWIN)
- J. Hekman (Ecoconsult)
- D.F. Kalf (RIZA)
- C. Kempenaar (Plant Research International B.V.)
- J.H. Spijker (Alterra)

Daarnaast is een conceptversie besproken tijdens het overleg van de NBW-projectgroep Onkruidbestrijding Verhard Oppervlak en zijn opmerkingen uit dat overleg in het rapport verwerkt.

## 2. Onderzoeksopzet

De LCA-methode bepaalt de milieueffecten van het begin tot het eind van een keten, ook wel van ‘wieg tot graf’ genoemd. In de LCA wordt gebruik gemaakt van een aantal indicators die tezamen de potentiële invloed van een keten op mens en milieu kwantificeren.

Conform de standaardisatienorm voor LCA, ISO 14040, is er een aantal stappen dat binnen een LCA wordt onderscheiden, te weten:

1. Doelbepaling / systeemaafbakening
2. Inventarisatie
3. Karakterisering
4. Interpretatie / Evaluatie

Omdat deze stappen in de vorige LCA<sup>1</sup> reeds uitgebreid zijn toegelicht, worden hier alleen de meest relevante items nogmaals belicht.

Ad 1

De gehanteerde systeemgrenzen zijn ongewijzigd ten opzichte van de eerdere LCA. Voor deze studie is de volgende functionele eenheid vastgesteld. Deze keuze is afgeleid van de eerder uitgevoerde LCA in 2001-2002.

Functionele eenheid:

‘Het bestrijden van onkruid op 1.000 vierkante meter trottoir met tegels 30x30 cm en gedurende 1 jaar waarbij een ‘zeer geringe’ onkruidbegroeiing resteert.’

Het trottoir is nader gedefinieerd als 1,60 meter breed (inclusief 0,10 meter stoeprand) en met een goot van 0,30 meter. De lengte bedraagt derhalve 526 meter. In eerste instantie is uitgegaan van een gering aantal obstakels (bijv. lantaarnpalen) waardoor de obstakelzone niet meer dan 5% bedraagt. Ten behoeve van een gevoeligheidsanalyse is naar een variant gekeken met een groter aantal obstakels (bijv. lantaarnpalen, boomspiegels, bankjes, verkeersborden) waardoor de obstakelzone 30% bedraagt.

Ook in deze update wordt rekening gehouden met het nagestreefde kwaliteitsbeeld van de verharding. We gaan uit van een straatbeeld volgens klasse 2 op grond van de classificatiesystematiek van EcoConsult. Als gevoeligheidsanalyse wordt rekening gehouden met een straatbeeld volgens klasse 3. Dit heeft bijvoorbeeld gevolgen voor de productiviteit van de werkpakketten (in m<sup>2</sup>/uur) en voor het aantal behandelingen per jaar. Uitgangspunt is dat de maximaal toelaatbare mate van onkruidgroei (bij klasse 3 is dat 25% van de voeglengte) het gehele jaar door niet wordt overschreden. Tenslotte gaan we uit van een min of meer stabiele situatie voor wat betreft onkruidgroei waarbij geen sprake is van achterstallig onderhoud.

Ad 2

Gegevens over de werkpakketten worden zoveel als mogelijk afgeleid van de praktische situatie in 2004. Dit geldt vooral voor de chemische bestrijding en heetwatertechniek (WAVE-methode). De overige methoden zijn nagenoeg onveranderd en hier wordt gewerkt met de gegevens uit de vorige LCA. Sinds 2002 zijn nieuwe LCA-databases beschikbaar gekomen waarin meer recente gegevens zijn opgenomen in vergelijking met de eerdere LCA. Dit is vooral relevant voor de productieketen van

---

<sup>1</sup> Saft & Staats. Beslisfactoren voor onkruidbestrijding op verhardingen. IVAM, Amsterdam, 2002

brandstoffen (diesel, LPG) en voor de productie van glyfosaat. Deze recentere gegevens zijn hier meegenomen<sup>2</sup>.

Bij de verbranding van brandstoffen vinden emissies plaats naar de lucht. De hiervoor gehanteerde waarden in de vorige LCA zijn geëvalueerd en waar mogelijk verbeterd. In tabel 1 zijn de emissiefactoren voor verschillende brandstoffen gegeven. De gegevens zijn afkomstig uit de IVAM LCA database en betreffen de gehele keten van grondstofwinning tot en met brandstofverbruik. De emissies bij verbranding van brandstof zijn hierin dominant (90% bijdrage of meer).

Van de processen zelf (borstelen, branden, etc.) zijn geen procesemissies voorhanden. Er is hier gerekend met processen die de emissies het beste benaderen. Machines die gebruik maken van benzine (met uitzondering van tweetakt machines), diesel of LPG zijn benaderd met emissiegegevens van personenauto's. Dit is vanzelfsprekend een afwijking van de reële situatie. Gegevens over personenauto's zijn gebaseerd op gemiddelde parameters voor het wagenpark, verkeer binnen of buiten de bebouwde kom, aantal koude starts, soort wegdek, etcetera. Bij werktuigdragers die voor deze studie relevant zijn, zijn die parameters afwijkend. Zo is het gemiddeld aantal koude starts veel lager. Anderzijds is er meer sprake van discontinue handelingen, dat wil zeggen dat het ongunstige emissiepatroon van stadsverkeer eerder wordt benaderd.

Er waren echter voor benzine- en LPG-aangedreven machines geen andere emissiegegevens beschikbaar (in LCA formaat) dan van personenauto's. Voor diesel-aangedreven machines is overwogen om een graafmachine als maatgevend proces te hanteren voor een borstelmachine. Het uitgangspunt is hier echter dat de meeste brandstof nodig is voor het aandrijven van de onkruidbestrijdingstechniek en niet voor de voortbeweging zelf. Door dit principe wel voor de graafmachine als representant voor de borstelmachine en niet voor de andere technieken te hanteren, zouden we daarmee een belangrijke inconsistentie creëren. Voor benzine- en LPG-auto's (als representant voor de quad resp. brander) geldt immers dat vrijwel alle brandstof voor de voortbeweging wordt benut

Wel moet worden opgemerkt dat de gegevens in de LCA-database al enige jaren oud zijn en dus een forse overschatting geven van de emissiefactoren die moderne auto's hebben.

Een ander alternatief is het hanteren van emissiekentallen voor mobiele werktuigen uit een rapportage van CBS<sup>3</sup>. De emissiefactoren van mobiele werktuigen worden daar echter gedomineerd door landbouwvoertuigen die eveneens niet representatief zijn voor de werktuigdragers in deze studie. De emissiefactoren van CBS voor mobiele werktuigen in gram per liter wijken overigens niet voor alle componenten af van een dieselauto. Dit is alleen het geval voor stof en NOx waarvan de factoren ruwweg een ordegrrootte hoger zijn. De emissies die samenhangen met bovengenoemde graafmachine zijn overigens voor deze componenten nog hoger.

Een andere berekening met emissiefactoren van SenterNovem<sup>4</sup> laat eenzelfde beeld zien. Voor NOx en stof vormen de hier gebruikte waarden vermoedelijk een onderschatting. Voor de berekening zijn de emissiefactoren gehanteerd voor werktuigen met een netto vermogen van 18-37 kW. Het energieverbruik per functionele eenheid bedraagt circa 16,7 kWh, bij een capaciteit van 1.200 m<sup>2</sup> per uur en een geschat vermogen van de borstelunit van 20 kW.

Uiteindelijk zijn de volgende processen geselecteerd uit de LCA-database:

- Benzinegebruik (sensorgestuurde techniek): als referentie is gekozen voor een personenauto op benzine;
- Dieselgebruik (borstelmachine): als referentie is gekozen voor een personenauto op diesel;
- Benzinegebruik (bosmaaier, bladblazer): als referentie is gekozen voor een tweetakt motorzaag;

<sup>2</sup> Ecoinvent-database voor LCA v.1.01, 2004

<sup>3</sup> CBS e.a. *Methoden voor de berekening van emissies door mobiele bronnen in Nederland t.b.v. Emissie-monitor, jaarcijfers 2001 en raming 2002*. Rapportagereeks MilieuMonitor, Nr. 13, februari 2004

<sup>4</sup> website Duurzaam Inkopen, Werktuigen en Gereedschappen.

- Dieselgebruik (heet water): als referentie is gekozen voor een continu draaiende diesellaggregaat;
- LPG (branden): als referentie is gekozen voor een personenauto op LPG.

tabel 1 Emissiefactoren voor verschillende brandstoffen (gram/liter brandstof)

	benzine	diesel	benzine tweetakt	diesel (aggregaat)	LPG
CO <sub>2</sub>	3340	2590	1580	3010	2340
NO <sub>x</sub>	7,5	9,7	4	51	0,01
Stof (PM10)	0,4	5,4	1	6,6	0
VOS (methaan)	3,9	3,4	5,7	1,6	0,3
VOS (niet methaan) <sup>a</sup>	12	3,0	194	4,4	3,4
CO	26,7	22,3	469	25	23
SO <sub>2</sub>	4,6	2,5	5,3	5,9	0,5
N <sub>2</sub> O	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2

<sup>a</sup> In de LCA kan niet gerekend worden met stofgroepen. Hier is gekozen om octaan als representatieve stof voor deze groep mee te nemen. De reden hiervoor is dat octaan een belangrijke component vormt in benzine en deze benzine in tweetakt motoren voor een significant deel (tot 30%) onverbrand wordt uitgestoten. Bij de andere brandstoffen is deze stof ook gekozen. Er was geen informatie over een meer representatieve stof voor deze brandstoffen en bovendien is de relevantie van de niet-methaan VOS voor deze brandstoffen veel kleiner.

In een gevoeligheidsanalyse bekijken we de invloed van een hogere NO<sub>x</sub>- of stof-emissie (factor 10) bij de verbranding van benzine en diesel, en van een hogere zwavelgehalte in diesel voor niet-wegverkeer. Volgens CBS was eind jaren negentig het gehalte zwavel in diesel voor niet-wegverkeer ongeveer een factor 3 groter dan voor gewone diesel.

Het zal duidelijk zijn dat de onzekerheid over de precieze emissieprofielen een negatieve invloed heeft op de nauwkeurigheid van de LCA. Het in kaart brengen van de luchtmissies wordt sterk aanbevolen om de uitspraken over milieuprestaties van de werkpakketten te schragen.

### Ad 3

Evenals in de vorige LCA wordt de CML-karakteriseringsmethodiek als uitgangspunt genomen. Sinds 2002 zijn hierin een (gering) aantal verbeteringen doorgevoerd die in deze studie worden meegenomen. Het thema ecotoxiciteit sediment wordt in deze studie niet meegenomen. De reden hiervoor is dat de score voor dit thema altijd hetzelfde patroon vertoont als het thema ecotoxiciteit aquatisch, sediment en water zijn immers beiden onderdeel van eenzelfde watersysteem, en daardoor bij de evaluatie geen onderscheidend vermogen levert.

Voor AMPA<sup>5</sup> is door IVAM een karakteriseringsfactor afgeleid met behulp van het USES-LCA model en op grond van stofintrinsic en toxicologische eigenschappen. Deze eigenschappen zijn opgenomen in bijlage 3. Omdat er slechts beperkte informatie beschikbaar was, heeft de afgeleide karakteriseringsfactor een relatief lage betrouwbaarheid.

### Intermezzo Beoordeling AMPA

Tot op heden houden de LCA-methoden geen rekening met de vorming van metabolieten. Dit kan vooral voor persistente en/of bezwaarlijke metabolieten tot een onderschatting van de milieurisico's leiden. Een belangrijke oorzaak van deze omissie is dat achtergrondmodellen die ten grondslag liggen aan de LCA-methode, zoals EUSES, geen beoordeling van gevormde metabolieten bevatten. Voor de LCA-uitvoerder is het meestal niet mogelijk om 'handmatig' de vorming en het lot van metabolieten in kaart te brengen.

<sup>5</sup> aminomethylfosfonzuur

Omdat AMPA bij de beoordeling van glyfosaat altijd als meest belangrijke metabool wordt genoemd, houdt deze studie wel rekening met de vorming en het gedrag van AMPA. Dat AMPA door de CTB (en daaropvolgend ook door het Ministerie van VROM) als niet significant is bestempeld, met name voor humaan toxicologische eigenschappen, doet hieraan niets af. Het is overigens niet duidelijk waarom de CTB tot de conclusie komt dat AMPA ook voor het milieu een niet-relevante metabool is, terwijl de (ad hoc) MTR-waarden voor glyfosaat en AMPA vergelijkbaar zijn (77 respectievelijk 80 µg/l). De LCA streeft niet naar een risico-beoordeling van stoffen maar naar een onderlinge (en relatieve) vergelijking van stoffen waarbij compleetheid een belangrijk criterium vormt. Indien de bezwaarlijkheid van AMPA als gering of nihil is bestempeld, komt dat tot uitdrukking in de hoogte van de karakteriseringsfactor.

Van de overige karakteriseringsfactoren is alleen die van MCPA<sup>6</sup> aangepast. Die aanpassing is gebaseerd op de nieuw afgeleide MTR-waarde van 280 µg/l. Bij de afleiding van de oude karakteriseringsfactor werd uitgegaan van een maximaal toelaatbare concentratie van 42 µg/l. Er is geen rekening gehouden met metabolieten van MCPA. Dit viel buiten het kader van deze studie. Er zijn wel aanwijzingen dat deze metabolieten risico's voor aquatische organismen, met name vissen, kunnen opleveren. Andere aanpassingen hebben niet plaatsgevonden. Weliswaar kan daar soms aanleiding toe zijn door verbeterde inzichten over effecten van stoffen, maar ten behoeve van de consistentie zou dat voor alle stoffen in de LCA moeten worden gedaan en dat valt buiten het kader van deze studie.

Ad 4.

In de evaluatie worden de resultaten van de uitgevoerde analyses genormaliseerd op basis van normalisatiewaarden voor het totale milieueffect op Nederlands grondgebied. In deze studie wordt de meest recente normalisatiewaarden gehanteerd met als basisjaar 1997.

Voor de uitvoering van de stappen 1 t/m 4 is gebruik gemaakt van het LCA computerprogramma SimaPro (versie 6.03).

---

<sup>6</sup> 2-methyl-4-chloorfenozijzuur

### 3. Beschrijving werkpakketten

In samenspraak met de begeleidingsgroep is een aantal werkpakketten samengesteld die toepasbaar zijn voor onkruidbestrijding binnen de voorwaarden van de functionele eenheid.

Er zijn werkpakketten benoemd die op dit moment toegepast worden en zo dicht mogelijk aansluiten bij de gangbare praktijk. Van de geselecteerde werkpakketten volgt hieronder een beschrijving.

De toepassingsfrequentie per pakket per jaar zijn te vinden aan het einde van dit hoofdstuk in tabel 2.

#### **Werkpakket 1a Chemische bestrijding met sensorgestuurde apparatuur**

Dit werkpakket opereert met selectieve onkruidbestrijdingsapparatuur waarbij sensoren worden toegepast zoals bijvoorbeeld de select spray® techniek. De sensoren detecteren onkruid door chlorofyl-detectie en sturen vervolgens de spuitdoppen aan. De detectieapparatuur is gekoppeld aan een quad (vierwielige motorfiets). De sensorgestuurde techniek wordt toegepast op trottoiroppervlakken en in de goten. Voor moeilijk bereikbare plaatsen rondom of onder obstakels wordt een spuitlans gebruikt die eveneens aan de unit is verbonden.

Als bestrijdingsmiddel wordt gebruik gemaakt van de glyfosaat-formulering in roundup evolution<sup>7</sup>. Voor de dosering van de unit ging de vorige LCA uit van 1,2 liter/hectare wat overeenkomt met 0,43 kg actieve stof per hectare (percentage actieve stof is 31% of 360 g/l). In de rapportage over de gemeente IJsselstein<sup>8</sup> wordt een dosering van 0,3 kg actieve stof per hectare per behandeling gegeven. In een rapportage van IBN en de Plantenziektkundige Dienst<sup>9</sup> wordt een reductie van 50% ten opzichte van volveldsbehandeling (= 4 liter/hectare) vermeldt, oftewel 0,69 kg actieve stof per hectare. Deze waarde is tot stand gekomen in de periode dat de sensorgestuurde techniek in de 'praktijk'-testfase verkeerde en vermoedelijk nog niet goed geoptimaliseerd was. Het toen ontwikkelde apparaat betrof de Detect-Spray. Uit praktijkmetingen blijkt dat er een forse variatie is in te hanteren dosering. Deze variaties zijn zowel naar boven als naar beneden. In het kader van deze rapportage is niet bekeken waarmee deze variaties samenhangen. Op grond van bovenstaande gegevens en inzichten is besloten om in deze update ook uit te gaan van een dosering van 0,43 kg actieve stof per hectare per behandeling. Dit komt overeen met 30% van een volvelds toepassing.

Het gebruik van glyfosaat met de spuitlans is sterk afhankelijk van de 'menselijke' factor, en kan dus sterk wisselen van uitvoerder tot uitvoerder. Bij het gebruik van de spuitlans is in de vorige LCA gerekend met een twee keer zo hoog verbruik. In de rapportage over de gemeente IJsselstein wordt gemiddeld een 2,5 keer zo hoog verbruik becijferd. In een rapportage van PRI<sup>10</sup> wordt bij handmatig opbrengen een factor 3-5 meer opgebracht ten opzichte van select spray. Op grond van deze gemeten waarden wordt in onderhavige studie een factor 3 meergebruik aangehouden. Dit komt neer op een verbruik van 1,29 kg actieve stof per hectare.

Bovenstaande verbruiken zijn toepasbaar voor zeer geringe onkruidbegroeiing. Indien men streeft naar klasse 3 straatbeeld, wordt een hoger verbruik van 25% verondersteld en dus 0,54 kg/ha en 1,61 kg/ha voor respectievelijk de sensorgestuurde techniek en de spuitlans. De achtergrond hiervan is dat bij dit straatbeeld meer actieve stof nodig is om de onkruidbegroeiing onder controle te houden.

<sup>7</sup> Informatie Kris Leemans, Monsanto, 2005

<sup>8</sup> Spijker & Hoksbergen. Onkruidbestrijding op verhardingen in de gemeente IJsselstein. Wageningen, 1999

<sup>9</sup> Sluijsmans & Drijver. Terugdringen van het gebruik van chemische onkruidbestrijdingsmiddelen op verhardingen met behulp van een detectie-spuitechniek. 1996

<sup>10</sup> Kempenaar et al. Quantitative evaluation of liquid deposition by herbicide application systems for weed control on hard surfaces. PRI bv, Wageningen, 2002, nota 52 (tabel 3)

## Intermezzo MCPA

In een betrekkelijk laat stadium van deze studie is besproken dat MCPA eveneens wordt ingezet voor chemische onkruidbestrijding, in combinatie met glyfosaat. MCPA kan een aantal onkruiden bestrijden die minder gevoelig zijn voor glyfosaat (onder meer weegbree). In het DOB-scenario dat hierna wordt besproken is ook sprake van het gebruik van MCPA. Volgens de DOB-richtlijnen mag maximaal 1 keer per 2 jaar 100 gram MCPA (als actieve stof) per ha elementverharding worden ingezet. Per werkronde zou dit dan 25 gram per jaar zijn.

MCPA wordt niet over ingezet. In bijvoorbeeld de gemeenten in Flevoland waar DOB is beproefd, is juist geen MCPA ingezet. In totaal is in 4 van de 10 Nederlandse DOB-proefgemeenten gebruik gemaakt van MCPA. Overigens is in een enkel geval de gebruikte MCPA dosering boven de DOB-richtlijn. Hier gaan we uit van een MCPA gebruik in 25% van de gevallen. Er zijn aanwijzingen dat ook in andere gemeenten met MCPA wordt gewerkt, eventueel gemengd met glyfosaat. De waarde van 25% hanteren we dus voor alle gemeenten waar chemische onkruidbestrijding plaatsvindt.

We gaan hier uit van een verbruik van 25 gram MCPA per behandelronde. Omdat dit in 25% van de gevallen gebeurt, wordt gerekend met een verbruik van 6,3 gram MCPA per behandelronde. De afspoelpercentages zijn gelijk gesteld aan die van glyfosaat.

Er zijn geen eenduidige gegevens over het afspoelpercentage van glyfosaat bijgekomen. Deze studie gaat dan ook uit van dezelfde waarden als de vorige LCA. Er vindt een afspoeling naar het riool plaats van 50%<sup>11</sup> van de opgebrachte actieve stof.

Dat is in lijn met overwegingen van Beltman en de Rooy<sup>12</sup> over afspoeling van tegelverharding die circa 2-3 keer zo hoog zou zijn als de gemeten afspoeling van 12-23% van betonklinkers. In het onderhavige artikel is de geschatte 50% afspoeling neergezet als een realistische worst-case waarde. In onze optiek is die waarde geen worst-case waarde. Immers, de afleiding is gebaseerd op realistische metingen cq. realistische schattingen van de afspoeling van tegelverhardingen.

De afspoeling kan plaatsvinden over een langere periode. Dus ook bij optredende neerslag verschillende weken na de bespuiting is nog sprake van afspoeling. De overige 50% zijgt derhalve in de bodem (effectief 45% omdat gerekend wordt met 5% opname in het onkruid). Vervluchting is gezien de lage dampspanning van glyfosaat en de hoge mate van wateroplosbaarheid geen waarschijnlijke route. Ook binding aan de verharding achten we hier geen significante route. Glyfosaat heeft weliswaar een betrekkelijk hoge adsorptiecoëfficiënt maar het aantal absorptiemogelijkheden op tegelverhardingen is vrij klein. Bovendien wordt aangenomen dat de adsorptie vooral aan kleideeltjes plaatsvindt. Deze deeltjes zullen in de praktijk op verhardingen aanwezig zijn maar (gedeeltelijk) bij regen wegspoelen.

Voor de omzetting van glyfosaat in een rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) is de vorige studie uitgegaan van een rendement van 0%. Inmiddels zijn hierover enige nieuwe inzichten bekend.

In een rapportage van het waterschap Zuiderzeeland<sup>13</sup> worden verschillende zuiveringsrendementen voor glyfosaat gemeld. De omzetting verloopt tot AMPA dat in een niet-geadapteerde zuiveringsinstallatie niet verder zal afbreken. In 1 rwzi is sprake van 0% omzetting van glyfosaat. In 3 rwzi's is sprake van circa

<sup>11</sup> Als gemiddelde van eerdere studies waarin 80-100% (Bestrijdingsmiddelendatabank. CTB, Wageningen, 2001) respectievelijk 12-23% (Beltman et al. Afspoeling van amitrol, atrazine en glyfosaat vanaf een betonklinker-verharding. Alterra, Wageningen, 2001) afspoeling wordt aangegeven.

<sup>12</sup> Rooy, M. de en Beltman, W. Afspoeling van bestrijdingsmiddelen vanaf verhardingen. H<sub>2</sub>O, 16-2003, p 33-35

<sup>13</sup> Waterschap Zuiderzeeland. Chemische onkruidbestrijding op straatverharding in Lelystad, Dronten en Urk. Onderzoek naar de gevolgen van de DOB-methode voor de oppervlaktewaterkwaliteit in 2003 en 2004. Rapport ZZL/WSI/2005-08, Lelystad, april 2005

45% omzetting. In 1 rwzi is sprake van 100% omzetting. Dat is er sprake is van omzetting blijkt ook de toegenomen concentraties AMPA in effluenten.

In de toelatingsgegevens van CTB<sup>14</sup> wordt een zuiveringsrendement van 95% gemeld (omzetting tot AMPA) onder de mededeling dat de aanwezigheid van fosfaat tot een remming van het rendement zal leiden. In dezelfde documentatie van de CTB wordt bij de berekeningen met het model USES 3.0 uitgegaan van 0% zuivering. De achtergrond hiervan is niet duidelijk.

In een rapportage van PRI<sup>15</sup> worden omzettingsrendementen voor glyfosaat van 39-64% gemeld (2 rwzi's).

Verschillen in omzettingsrendementen hebben vermoedelijk vooral te maken met adsorptiemogelijkheden, de beschikbaarheid van fosfaat in afvalwater en de verblijftijd in de rwzi<sup>16</sup>. Op grond van bovenstaande gegevens wordt voor de omzetting van glyfosaat naar AMPA in een rwzi een rekenkundig gemiddelde van 50% (7 waarden) aangehouden. Bij de resultaatbespreking zal worden meegewogen in hoeverre de onzekerheid in deze waarde een rol speelt bij de uitkomsten. De totale emissie van glyfosaat en AMPA in het effluent bedraagt circa 66-84% (gemiddeld 75%) van de influentvracht<sup>10</sup>. Dit kan er op wijzen dat een deel van glyfosaat en/AMPA verder wordt omgezet. Een nadere beschouwing hiervan is niet uitgevoerd. De totale effluentvracht is hier gelijk gesteld aan de influentvracht.

Het is nu ook van belang om te bepalen in welke mate glyfosaat rechtstreeks dan wel via een rwzi wordt geloosd. Op grond van gegevens van RIZA (Emissieregistratie) blijkt dat ruim 74% van het huishoudelijk afvalwater op een gemengd rioolstelsel wordt geloosd, 9% op gescheiden stelsels en 15% op verbeterd gescheiden stelsels (Vgs). Van die laatste stelsels wordt (een deel van) de eerste regenafvoer naar de rwzi gebracht. In een memo van RIZA<sup>17</sup> is aangegeven dat 55% van het regenwater naar een rwzi wordt afgevoerd als gemiddelde van de verschillende typen Vgs. De overige 45% in een Vgs wordt rechtstreeks op oppervlaktewater geloosd.

We zullen deze percentages hier ook toepassen voor de afvoer van hemelwater van verhardingen. We nemen hier aan dat 17% van het glyfosaat rechtstreeks afspoelt naar oppervlaktewater en dat 83% afspoelt via een rwzi<sup>18</sup>. Andere vormen van rechtstreekse afspoeling naar oppervlaktewater, bijvoorbeeld via (semi-)verharde taluds, kades en dergelijke, zijn hier niet in beschouwd.

Van glyfosaat is bekend dat het binnen enkele dagen tot weken wordt omgezet in de metaboliet AMPA. Een gram glyfosaat wordt omgezet in 0,66 gram AMPA. Voor deze metaboliet wordt een karakteriseringsfactor afgeleid die we toepassen in de LCA-berekeningen. CTB gaat uit van een maximaal vormingspercentage voor AMPA van circa 16% in waterige systemen en circa 29% in bodemsystemen. Het percentage omzetting in waterige systemen komt goed overeen met meetwaarden van waterschap Zuiderzeeland in regenwaterafvoeren waarbij de AMPA-concentratie ongeveer een factor 6 lager ligt dan de glyfosaat-concentratie.

Het maximale vormingspercentage van AMPA uit glyfosaat in rwzi's wordt hoger ingeschat. Voor zover CTB rekening houdt met omzetting van glyfosaat in rwzi's, vindt vrijwel alle omzetting plaats naar AMPA. Hier houden we dus aan dat alle omgezette glyfosaat wordt omgezet in AMPA en via het effluent wordt geëmitteerd. Met andere woorden: voor zover glyfosaat wordt omgezet leidt dat alleen tot de vorming van

---

<sup>14</sup> [http://www.ctb.agro.nl/ctb\\_files/06483\\_11.html](http://www.ctb.agro.nl/ctb_files/06483_11.html), download 9 mei 2005

<sup>15</sup> Withagen et al. Resultaten monitoring afspoeling glyfosaat en AMPA en waarnemingen van onkruidbeelden in zeven proefgemeenten (voor- en najaar 2003). Plant Research International, waterschap Hollandse Delta, nota 297, maart 2004

<sup>16</sup> Staats, N., Faasen, R. en Kalf, D.K. AMPA: inventarisatie van bronnen in Nederland. IVAM / RIZA, 2002

<sup>17</sup> RIZA (Dennis Kalf). Memo over riooltypen, 2 juni 2005

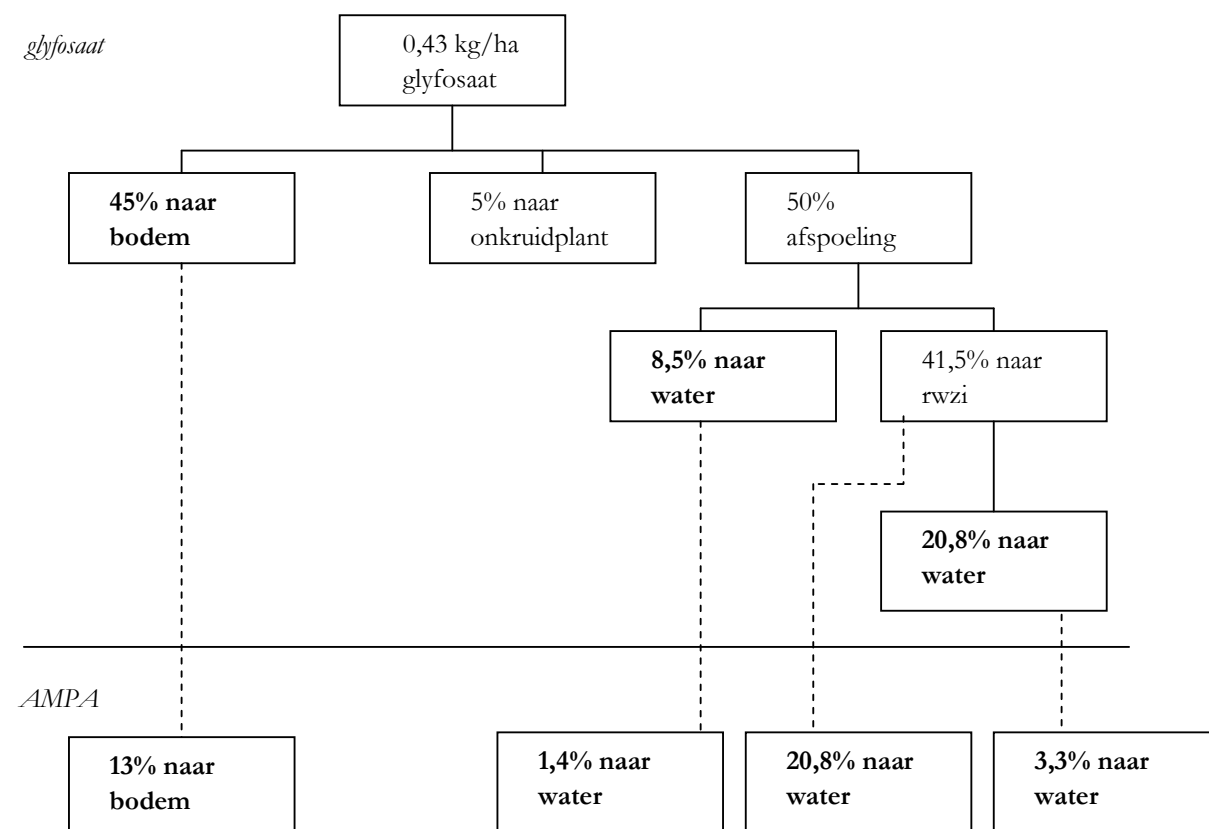
<sup>18</sup> Deze berekening is gebaseerd op hydraulische debieten. De vracht glyfosaat is wellicht anders verdeeld omdat de eerste regenwaterafvoer van een Vgs meer glyfosaat bevat dan latere regenwaterafvoeren. Anderzijds wordt hier geen rekening gehouden met rechtstreeks overstorten. Aangenomen is dat deze overschatting resp. onderschatting elkaar opheffen.



AMPA. Glyfosaat dat niet wordt omgezet, zal geloosd worden via het effluent of adsorberen aan het slib. In het laatste geval gaan we ervan uit dat slib uiteindelijk thermisch verwerkt. Hieraan zijn verder geen emissies toegerekend.

Volledigheidshalve wordt in figuur 1 (volgende pagina) een overzicht gegeven van omzetting- en verspreidingsroutes van glyfosaat. De vetgedrukte waarden zijn emissiepercentages die in de LCA-berekeningen worden toegepast.

figuur 1 Omzetting en verspreiding van glyfosaat en AMPA



Toelichting bij de figuur:

- 45% van dosis als initiële glyfosaat emissie naar de bodem → 13% (= 45% \* 29%) van dosis als initiële AMPA emissie naar de bodem;
- 50% van dosis als initiële glyfosaat afspoeling → 8,5% (= 50% \* 17%) van dosis als initiële glyfosaat emissie naar oppervlaktewater → 1,4% (= 8,5% \* 16%) van dosis als initiële AMPA emissie naar oppervlaktewater;
- 50% van dosis als initiële glyfosaat afspoeling → 41,5% (= 50% \* 83%) van dosis als glyfosaat emissie naar rwzi → 20,8% (= 41,5% \* 50% omzetting) van dosis als initiële AMPA emissie naar oppervlaktewater;
- 50% van dosis als initiële glyfosaat afspoeling → 41,5% (= 50% \* 83%) van dosis als glyfosaat emissie naar rwzi → 20,8% (= 41,5% \* 50% omzetting) van dosis als initiële glyfoaat emissie naar oppervlaktewater → 3,3% (= 20,8% \* 16%) van dosis als initiële AMPA emissie naar oppervlaktewater.

In de formulering van het toegepaste onkruidbestrijdingsmiddel (Roundup Evolution) is tevens gebruik gemaakt van een oppervlakte-actieve stof. Globale gegevens over de formulering van het middel zijn

ontvangen van Monsanto. Het betreft een niet-ionisch gesatureerd vetzuur en een polyalkyl quarternair ammonium kation. Deze uitvloeiers hebben volgens Monsanto een lagere bezwaarlijkheid dan de uitvloeier die in de vorige LCA is gehanteerd (polyoxyethyleenamine). Deze redenering is door de CTB overgenomen. Omdat de huidige uitvloeiers een lage bezwaarlijkheid kennen, worden deze stoffen in deze studie niet verder meegenomen. Een andere reden is dat de omvang en aard van eventuele emissies onbekend is en niet binnen het kader van deze studie kon worden vastgesteld.

Voor de productiviteit van dit werkpakket worden dezelfde waarden aangehouden als in de vorige LCA. Bij zeer geringe onkruidgroei is een productiviteit van 2500 m<sup>2</sup>/uur haalbaar. Indien het aantal obstakels toeneemt, zal de productiviteit afnemen met naar schatting 50%. Het benzineverbruik wordt geacht constant te blijven op 2 liter/uur. Gegevens over emissies als gevolg van brandstofverbruik zijn te vinden in tabel 1.

De (technische) levensduur van de quad is geschat op 2500 bedrijfsuren (in vijf jaar). Voor de sensorgestuurde unit zijn 1000 bedrijfsuren aangehouden.

### ***Werkpakket 1b Duurzaam Onkruidbeheer (DOB chemisch)***

De DOB-methode heeft als doelstelling een effectieve onkruidbestrijding op verhardingen mogelijk te maken. De afspoeling van herbiciden wordt daarbij teruggebracht ten opzichte van de gangbare chemische bestrijdingsmethode (zie werkpakket 1a). Er zijn verschillende varianten voor DOB. Hier is gerekend met een variant waarbij nog wel chemische bestrijding maar alleen voor zover de verharding op minstens 10 km afstand ligt van te beschermen oppervlaktewater volgens de Kaderrichtlijn Water.

Op plaatsen waar het gebruik van een herbicide volgens de DOB richtlijnen is toegestaan werd gemiddeld tweemaal per seizoen een bestrijdingsronde uitgevoerd. Het toegepaste middel is Roundup Evolution dat door middel van selectieve spuittechnieken werd toegediend. Op plaatsen waar het gebruik van herbicide niet is toegestaan, kan geveegd, gebrand, geborsteld of gemaaid worden. Voor meer informatie over DOB wordt met name verwezen naar de website [www.dob-verhardingen.nl](http://www.dob-verhardingen.nl).

In deze studie is na samenspraak met de begeleidingsgroep tot de volgende invulling van het DOB-pakket besloten:

- 80% van de verharding wordt chemisch bestreden met sensorgestuurde techniek;
- 10% van de verharding wordt chemisch bestreden met de spuitlans;
- 10% van de verharding wordt niet-chemisch bestreden (4% branden, 4% borstelen, 2% bosmaaier)

De doseringen voor de chemische bestrijding zijn niet hetzelfde als in werkpakket 1a. Conform de DOB-richtlijnen is het maximale verbruik 0,36 kg actieve stof per hectare per behandeling (maximaal twee behandelingen). Bovendien zijn de afspoelpercentages van glyfosaat lager (zie onderstaand Intermezzo). De doseringen voor de chemische bestrijding met de spuitlans zijn wel hetzelfde als in werkpakket 1a. Ook hier gelden echter lagere afspoelpercentages naar water en riolering.

#### Intermezzo Afspoeling glyfosaat bij de DOB-methode

Er zijn de afgelopen jaren verschillende praktijkmetingen uitgevoerd om het effect van de DOB-methode op de waterkwaliteit in kaart te brengen. Grootschalige experimenten zijn onder meer uitgevoerd in de beheersgebieden van waterschap Zuiderzeeland en waterschap Hollandse Delta. De afspoeling van bestrijdingsmiddelen naar oppervlaktewater is afhankelijk van zeer veel factoren<sup>19</sup>, zoals:

- de aanwezige onkruiddruk

<sup>19</sup> Zie voetnoot 13 en 15.

- de inrichting van de wijk
- de nabijheid van het ontvangend oppervlaktewater
- neerslag en weersomstandigheden
- de toegepaste bestrijdingsmethode
- de zorgvuldigheid van werken.

Een vergelijking van geconstateerde afspoelpercentages is dan ook moeilijk. Bij sommige vastgestelde lage percentages was sprake van langdurige perioden zonder neerslag. Daarnaast is de monstername-periode tot circa 2 maanden mogelijk niet lang genoeg geweest om glyfosaat te bepalen dat op de verharding is achtergebleven en na verloop van tijd toch afspoelt. De omzetting naar AMPA op verhardingen is een langzaam proces met een halfwaardetijd groter dan 30 dagen. Echter, ook bij 'reguliere' chemische onkruidbestrijding komen deze omstandigheden voor.

In een ander onderzoek zijn concentraties onder de detectiegrens op nul gezet waardoor een fout is geïntroduceerd waarvan de hoogte onbekend is. Ook is bij sommige monsters sprake van meting aan opgeloste gehalten in plaats van totaalgehalte. Een zekere gebonden fractie wordt dus niet meegeteld. Hoe groot de foutenmarge hiervan is, is niet bekend. Een andere complicerende factor is dat in de praktijk niet altijd DOB-conform is gewerkt (te hoge doseringen, te hoge regenkans) waardoor de representativiteit van de waarden afneemt.

Uit de onderzoeken blijkt dat de DOB-methode in het algemeen tot lagere afspoelpercentages van glyfosaat leidt ten opzichte van de gebruikelijke sensorgestuurde methode.

PRI, ZHEW<sup>20</sup> en Alterra komen op grond van resultaten bij een aantal proefgemeenten op percentages van 0,5% - 5,7%.

Het onderzoek van waterschap Zuiderzeeland, zie tabel 5 aldaar, komt ook tot lagere concentraties. In de regenwaterput en oppervlaktewater zijn de concentraties gemiddeld een factor 2 resp. 5 (waarden 2003 en 2004) lager dan de wijken waarin geen DOB-methode wordt toegepast. Deze waarden zijn enigszins vertekend omdat uit de gemeente Urk alleen met de DOB-methode is gewerkt. De gemeenten waar zowel met de gebruikelijke sensorgestuurde methode als met DOB is gewerkt, laten een reductie zien van ongeveer 70% in zowel de put als oppervlaktewater. Dit betreft dus wel een vergelijking van verschillende wijken. Hierdoor is de vergelijkbaarheid tussen de methoden niet exact.

Anderzijds is aangedragen dat de gemeenten in Flevoland bij de reguliere chemische bestrijding al met sommige DOB-richtlijnen werken. Dit zou betekenen dat de concentraties uit reguliere chemische bestrijding zijn onderschat en dat de effecten van DOB groter moeten zijn.

Indien de factor 2 wordt geëxtrapoleerd, dus de afspoeling in het regenwater, kan een afspoelpercentage van 25% worden aangehouden ten opzichte van de aanname van 50% afspoeling bij reguliere chemische bestrijding..

Er bestaat momenteel geen consensus over het daadwerkelijke afspoelpercentage. Het lijkt echter aannemelijk dat er een forse bandbreedte bestaat. We achten het hier niet zinvol om een gemiddelde te nemen van de diverse waarden. Omdat er sprake is van verschillende lokale omstandigheden, meetmethoden en berekeningsmethoden zijn de uitkomsten onderling niet vergelijkbaar. Bijkomende factor is dat niet in alle gevallen strikt conform de DOB-richtlijnen is gewerkt. Een aantal malen wordt gemeld dat de dosering glyfosaat hoger is geweest dan maximaal voorgeschreven volgens DOB. Een uitgebreide studie naar afspoelpercentages is dan ook minder zinvol als de effectiviteit van DOB nog niet eenduidig is aangetoond.

<sup>20</sup> zuiveringsschap Hollands Eilanden en Waarden, thans geïntegreerd in waterschap Hollandse Delta

In deze studie hanteren we voor de afspoeling bij de DOB-methode dan ook twee waarden, die beiden als gemiddelde gelden voor een tweetal onvergelykbare onderzoeksmethoden. Concreet komt dat neer op berekeningen die plaatsvinden met een glyfosaatafspoeling van 3% (DOB Laag) en een afspoeling van 25% (DOB Hoog).

### **Werkpakket 2a Borstelmaschine/bosmaaier**

De uitgangspunten voor dit pakket zijn praktisch onveranderd ten opzichte van de vorige LCA. Wel is in de begeleidingsgroep geconstateerd dat deze methode vermoedelijk niet afdoende is om een kwaliteitsbeeld in klasse 2 te realiseren. Verder is voor de afvoer van afval een andere keuze gemaakt (zie hierna).

Borstelmachines halen door hun draaiende beweging de bovengrondse delen van planten weg. Voor dit werkpakket is uitgegaan van een zelfrijdende machine bestaande uit een borstelunit aan een werktuigdrager. Rondom en onder obstakels is de borstelmaschine vanzelfsprekend ongeschikt. Daarvoor wordt een bosmaaier (draagbare cirkelmaaier) ingezet.

Door het borstelen ontstaat, afhankelijk van de mate van onkruidbegroeiing, veegafval. De onkruidbestrijding in dit pakket wordt soms gevolgd door een veegronde, al dan niet in combinatie met een bladblazer.

In de praktijk valt het gebruik van dit werkpakket soms samen met andere functies zoals het verwijderen van zwerfvuil en zand en aarde. Op trottoirs echter is de basisfunctie de verwijdering van onkruid. De bijbehorende milieu-ingrepen zijn dan ook niet aan meerdere functies toegerekend. Dit geldt ook voor de hoeveelheid geproduceerde afval. De schatting hiervoor is alleen gebaseerd op de mate van onkruidbegroeiing (zie hierna).

Tijdens het borstelen, slijten de (staal)borstels in aanzienlijke mate. Afhankelijk van de mate van onkruidbegroeiing (gering of zeer gering) is uitgegaan van een slijtage in 8 respectievelijk 20 bedrijfsuren.

Verder zijn er aanwijzingen dat het gebruik van staalborstels tot slijtage aan de verhardingen leidt. Hiervoor zijn echter geen praktijkgegevens gevonden. Bovendien spreken de mondelinge bronnen elkaar tegen omdat de slijtage samenhangt met de variatie in plaatselijke omstandigheden en de wijze waarop men de borstelmaschinen hanteert (mate van bodemdruk).

Geschat wordt dat de gemiddelde praktische levensduur van betontegels van 40 jaar met 25% afneemt. Deze slijtage is toegerekend aan dit werkpakket (1/120 deel per jaar). Bij weinig obstakels is gerekend met 750 m<sup>2</sup> tegeloppervlakte, bij veel obstakels met 550 m<sup>2</sup> (dikte tegels 4,5 cm, gewicht 9,3 kg/stuk). Er is tevens rekening gehouden met de opwerking van betonpuin en het verminderde gebruik en transport van grind doordat deze door betonpuin wordt vervangen.

Overigens stelt dat de levensduur van verhardingen van betontegels zich in een vrij brede range begeeft, afhankelijk van de stabiliteit van de ondergrond, intensiteit van gebruik, etcetera.

De hoeveelheid geveegd afval is zeer moeilijk in te schatten. Het is onder meer afhankelijk van de mate van onkruidbegroeiing en weersomstandigheden. In natte omstandigheden zal de massa aan afval toenemen. In winderige omstandigheden wellicht afnemen. In deze studie is uitgegaan van een scenario waarbij in 12,5% van de voegen (0,04 m<sup>2</sup> voeg/m<sup>2</sup> trottoir) onkruid aanwezig is tot een hoogte van 2,5 cm. De geschatte soortelijke massa van het veegafval (zonder zand en grond) is 500 kg/m<sup>3</sup>. Uitgangspunt is dat de organische fractie van het veegafval grotendeels gescheiden kan worden van zand en grond en vervolgens naar een composteerinrichting wordt gebracht. Dit scenario is aannemelijk omdat het storten van afbreekbaar afval in beginsel niet toegelaten is en omdat verwerking in een composteerinrichting goedkoper is dan verwerking op een stortplaats of in een verbrandingsoven. In combinatie met een volledige veegronde zal het veegafval doorgaans te vervuild zijn om te kunnen composteren. Binnen het kader van deze studie was het niet mogelijk alle veegscenario's en verwerkingsopties in kaart te brengen.

Mocht het huidige uitgangspunt een relevant items voor de uitkomsten blijken, dan zal nader aandacht worden besteed aan de representativiteit van de gekozen werkwijze.

De productiviteit van de borstelmachine is geschat op 1200 m<sup>2</sup>/uur bij zeer geringe onkruidbegroeiing. Bij geringe onkruidbegroeiing daalt de productiviteit met 25%. Het aantal obstakels is niet relevant voor de productiviteit. Wel zal bij een groter aantal obstakels de inzet van de borstelmachine afnemen en meer met de bosmaaier worden gewerkt.

Het diesilverbruik van de borstelmachine wordt geacht constant te blijven op 5 liter/uur. Gegevens over emissies als gevolg van brandstofverbruik zijn te vinden in tabel 1. De (technische) levensduur bedraagt 4000 bedrijfsuren.

De productiviteit van de bosmaaier is sterk afhankelijk van de werkomstandigheden en van de bediener van het apparaat. In deze studie is uitgegaan van 500 m<sup>2</sup>/uur. Het benzineverbruik bedraagt 0,7 liter per uur. De (technische) levensduur bedraagt 1500 bedrijfsuren. De slijtage van de nyloonsnijdraad is onbekend en niet meegenomen.

De ingezette veegmachine heeft een productiviteit van 3000 m<sup>2</sup>/uur. Het diesilverbruik is geschat op 5 liter/uur. Omdat deze machine voor meerdere doeleinden wordt ingezet, is de afschrijving van de machine niet toegerekend aan de functionele eenheid.

Voor de bladblazer is alleen het geschatte benzineverbruik van 0,25 liter per uur toegerekend (inclusief de emissies volgens tabel 1) maar zijn geen materialen op basis van afschrijving toegerekend.

### **Werkpakket 2b Borstelmachine/chemische bestrijding met rugspuit**

Dit pakket lijkt sterk op werkpakket 2a. Rondom en onder obstakels past men echter geen bosmaaier toe, maar hanteert men een rugspuit met een chemisch bestrijdingsmiddel.

Voor de gegevens wordt verwezen naar werkpakket 2a en 1a. Voor wat betreft de rugspuit is uitgegaan van hetzelfde middelverbruik als een spuitlans.

### **Werkpakket 3 Heet water machine**

De heet water methode is van alle bestrijdingsmethoden het meest in ontwikkeling. Ten opzichte van de vorige LCA zijn hier dan ook een aantal gegevens aangepast. In deze studie zijn de gegevens gebaseerd op de ervaringen met de WAVE-techniek in 2004.

Het werkpakket bestaat uit een verwarmingsunit waarin water onder druk op hoge temperatuur wordt gebracht (95 °C). Het hete water wordt via een hydraulische arm naar een bak gebracht die kleine hoeveelheden heet water op het onkruid brengt via een sensorsturing. De WAVE is ook voorzien van een handunit voor de voor de machine onbereikbare plekken. Verder heeft het zij-detectie en -uitstroming waardoor het handmatig bijwerken zo veel mogelijk beperkt blijft.

De verwarmingsunit wordt gevuld met drinkwater. Het geschatte waterverbruik is 750 liter per uur<sup>21</sup> bij een productiviteit van 1875 m<sup>2</sup>/uur. De productiviteit zal dalen indien er meer onkruidbegroeiing is (minus 25%) en als er groot aantal obstakels is (minus 25%). Bij een hoger onkruidbegroeiing zal het waterverbruik toenemen (plus 50%).

Het diesilverbruik is afgeleid van gerapporteerde praktijkgegevens in diverse gemeenten (zie voetnoot 21). De gerapporteerde waarden zijn echter van toepassing op situaties waarin overmatig veel handwerk is uitgevoerd. Dit hangt samen met de lage beschikbaarheid van heetwatermachines in 2004. Er is een

---

<sup>21</sup> *Monitoring onkruidbestrijding op verhardingen in Aalten, Arnhem, Tiel Utrecht in 2004* (4 afzonderlijke rapporten). EcoConsult, Dieren, Januari - Juni 2005

correctie uitgevoerd voor een normale situatie die compatibel is met de uitgangspunten in deze LCA en waarin beperkt handwerk plaatsvindt in het basisscenario. Na omrekening worden waarden gevonden van 0,0046 - 0,0055 liter per m<sup>2</sup>. Omdat we hier wel uitgaan van enige handmatige onkruidbestrijding, zijn we hier uitgegaan van een diesilverbruik van 0,006 liter per m<sup>2</sup> oftewel 60 liter per hectare. Zie tabel 1 voor emissiefactoren. Het energieverbruik voor de verwarming bedraagt, uitgaande van 60 liter diesel per hectare en 35 MJ per liter diesel, circa 210 kJ per vierkante meter.<sup>22</sup>

Ter controle is het energieverbruik gecontroleerd op grond van de soortelijke warmte voor water van 4,18 \* 103 J/kg/K. Om 750 liter (geschat waterverbruik per uur) water te verwarmen van 15 tot 98 °C is 260 MJ energie nodig. Bij een verbrandingswaarde voor diesel van 43 MJ/kg, een soortelijk gewicht van 0,85 kg/l en een omzettingsefficiëntie van 85%, bedraagt het diesilverbruik 8,4 liter per uur.

Uit navraag bij Van de Haar Groep (uitvoerder WAVE techniek) blijkt dat de waarde van 60 liter per hectare overeenkomt met 11,25 liter per uur, waarvan enkele liters (2-3 l) nodig zijn voor de voortstuwing en de overige voor de verwarmingsunit. Dit komt goed overeen met de theoretische berekening van hierboven.

De technische levensduur van de verwarmingsunit wordt geschat op 4000 bedrijfsuren. De tractor en aanhanger worden voor meerdere doeleinden gebruikt en niet verder toegerekend aan de functionele eenheid.

#### **Werkpakket 4 Branderunit**

Bij het gebruik van onkruidbrander worden de bovengrondse plantendelen door verhitting gedood.

In dit werkpakket wordt een stootbrander toegepast met een werkbreedte van 1 meter. Als uitvoering is gekozen voor een aanbouwmachine op een werktuigdrager. De branderbak is splitsbaar waardoor ook de goten bereikbaar zijn. Rondom of onder obstakels wordt gebruik gemaakt van een handbrander. Deze kan eventueel met de branderunit verbonden zijn.

De effectiviteit van een branderunit is betrekkelijk gering indien reeds onkruidbegroeiing in behoorlijke mate aanwezig is. Dit werkpakket wordt dan ook alleen toegepast bij een streefbeeld van zeer geringe onkruidbegroeiing (zie tabel 2).

De brandstof voor de branderunit kan propaan of LPG zijn. In de praktijk wordt vaak LPG gebruikt. Het verbruik is geschat op 15 kg LPG per uur. De geschatte productiviteit is 1200 m<sup>2</sup>/uur. Het LPG-verbruik is daarmee 125 kg per hectare<sup>23</sup>.

De invloed van de handbrander op brandverbruik en productiviteit is onbekend. Aangenomen is dat bij een groot aantal obstakels, en dus verhoogde inzet van de handbrander, de productiviteit met 25% afneemt.

De werktuigdrager heeft een geschat diesilverbruik van 2 liter per uur. De technische levensduur van branderunit en werktuigdrager is geschat op 4000 bedrijfsuren.

In het najaar moet soms een bladblazer worden ingezet om, voorafgaand aan de behandeling, bladeren en dergelijke te verwijderen om het onkruid goed te kunnen behandelen. Van deze bladblazer is alleen het geschatte benzineverbruik van 0,25 liter per uur inclusief verbrandingsemissies toegerekend.

---

<sup>22</sup> Ter vergelijking: in een Duits artikel (Garnett et al Thermische Unkrautbekämpfung auf Nichtkulturland) wordt gesproken van een verbruik van 494-722 kJ per vierkante meter.

<sup>23</sup> Ter vergelijking: in een Duits artikel (Garnett et al Thermische Unkrautbekämpfung auf Nichtkulturland) wordt gesproken van een verbruik van 50-200 kg propaangas per hectare voor de bestrijding van 1-jarig onkruid respectievelijk meerlobbig onkruid.

### Toepassingsfrequentie werkpakketten

Tenslotte wordt in onderstaande tabel aangegeven welke toepassingsfrequentie de verschillende werkpakketten hebben.

tabel 2 Toepassingsfrequentie werkpakket in relatie tot streefkwaliteit van straatbeeld

nr.	werkpakket	frequentie bij:	
		klasse 2 (zeer geringe onkruidbegroeiing)	klasse 3 (geringe onkruidbegroeiing)
1a	chemisch	2,5 (0,5x betreft 'schouwronde')	2
1b	DOB	2,5 (+ 1 veegronde)	2
2a	borstelen/maaien	n.v.t.	3
2b	borstelen/chemisch	3,5 (1x veegronde)	3
3	heet water	3 (0,5x betreft 'schouwronde')	2,5
4	branden	5 (1x bladblazer)	n.v.t.

## 4. Resultaten en conclusies

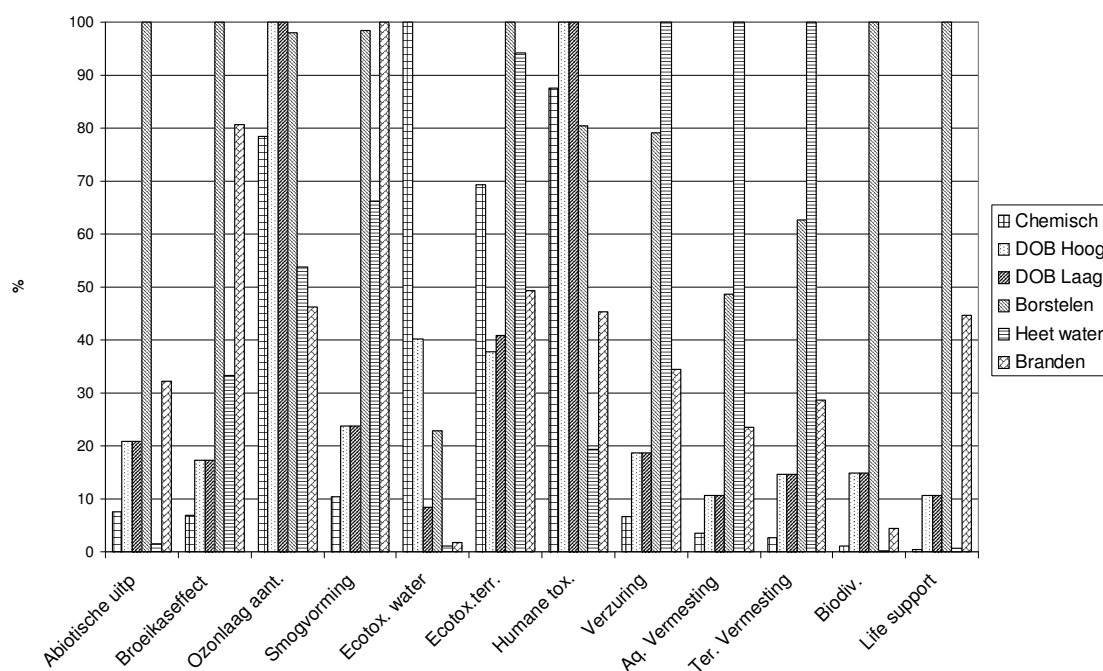
### 4.1 Uitkomsten LCA

In onderstaande figuren zijn de gekarakteriseerde respectievelijk genormaliseerde scores van de werkpakketten uit hoofdstuk 3 gepresenteerd.

In eerste instantie is gekeken naar de werkpakketten die nodig zijn voor het bereiken van klasse 2 straatbeeld (zeer geringe onkruidbegroeiing) en een gering aantal obstakels op het trottoir. Dat betekent dat het werkpakket met borstelen en de bosmaaier hier niet vermeld staat (zie tabel 2).

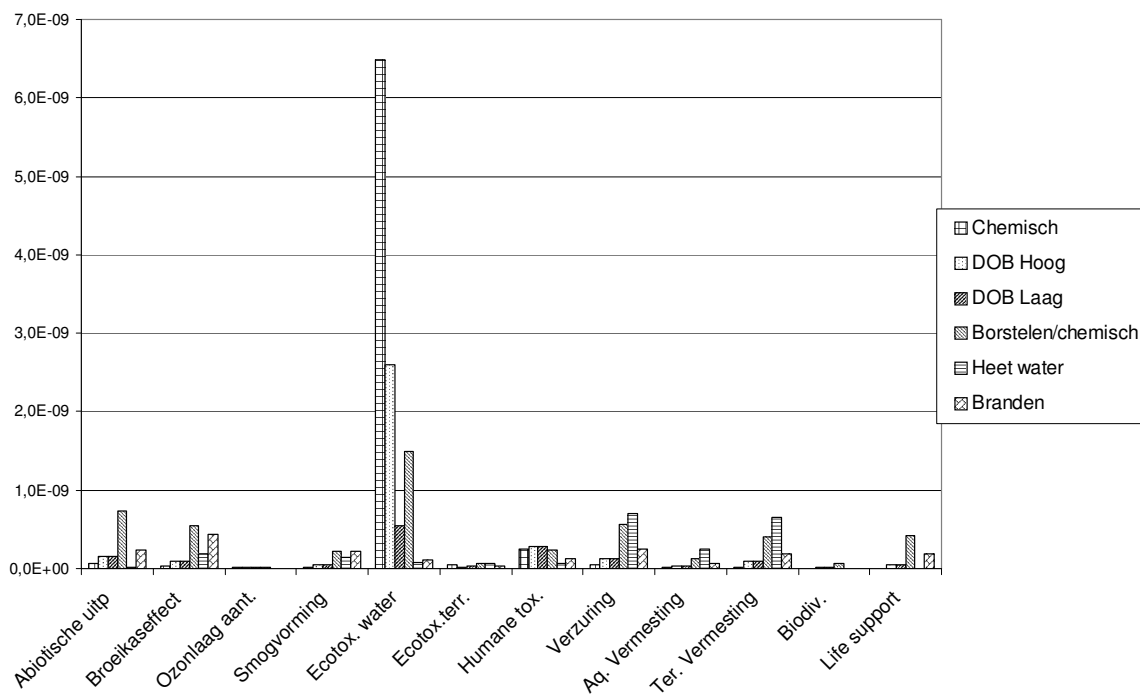
De scores zijn reeds gebaseerd op het aantal toepassingen per jaar dat nodig is binnen de gedefinieerde functionele eenheid. Voor elk LCA-thema is het werkpakket met de hoogste waarde op 100% gesteld. De andere pakketten zijn hiermee vergeleken. Deze figuur is bedoeld om een indruk te krijgen van de onderlinge verschillen van werkpakketten binnen een LCA-thema.

Figuur 2 Gekarakteriseerde score van werkpakketten voor onkruidbestrijding





Figuur 3 Genormaliseerde score van werkpakketten voor onkruidbestrijding



De y-as is dimensieloos. Het geeft de mate van milieubelasting van de functionele eenheid aan ten opzichte van de milieubelasting in het referentiegebied. Deze figuur is bedoeld om een indruk te krijgen van de onderlinge verschillen van werkpakketten binnen een LCA-thema in combinatie met het relatieve belang van de werkpakketten t.o.v. de totale milieubelasting in Nederland.

De uitkomsten bij de LCA-thema's worden hieronder toegelicht:

#### Abiotische uitputting:

Bij het thema uitputting (van grondstoffen) hangen de scores sterk samen met het verbruik van brandstoffen. Alleen bij het borstelen is een gedeelte ( $\pm 20\%$ ) gerelateerd aan de toegerekende slijtage van trottoirs.

#### Broeikaseffect:

Dit thema hangt sterk samen met de emissie van  $\text{CO}_2$ . Bij borstelen en het DOB-scenario (waarin ook geborsteld wordt) treedt nog methaanemissie op bij het composteren van veegafval.

Bij het borstelen is de score het hoogst omdat de emissie van  $\text{CO}_2$  deels gevormd door de verbranding van brandstoffen en deels door de toerekening van slijtage aan de verharding. Hierdoor is extra productie van betonproducten nodig. Bij het branden is de score hoger door het betrekkelijk hoge LPG-verbruik.

#### Ozonlaagaantasting:

De scores op dit thema zijn laag en alle afgeleid van de emissie van halonen (met name halon 1301) tijdens de productie van brandstoffen.

#### Smogvorming:

De scores bij dit thema worden gedomineerd door emissies van  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  en, in mindere mate,  $\text{SO}_x$  en koolwaterstoffen. De waarden zijn af te leiden van het brandstofverbruik in combinatie met de emissiefactoren uit tabel 1. Bij de niet-chemische technieken is het brandstofverbruik het grootst en dus

ook de scores. Bij heet water is het aandeel van NO<sub>x</sub> het grootst door de hoge emissiefactor van NO<sub>x</sub> van diesel dat in een aggregaat wordt verbruikt.

#### Ecotoxiciteit (aquatisch):

Net als in de LCA uit 2002 is de emissie van glyfosaat dominant voor dit thema. De DOB-methoden hebben een lagere score ten opzichte van de 'klassieke' sensorgestuurde techniek. De lagere score is praktisch evenredig met het lagere afspoelpercentage dat verondersteld is. De emissie van AMPA speelt nauwelijks een rol bij de score. De bijdrage is minimaal een factor 20 kleiner dan de bijdrage van glyfosaat. De bijdrage van MCPA is nihil.

De scores voor de pakketten met heet water en branden zijn verreweg het laagste. De score voor DOB Laag is lager dan voor borstelen omdat bij het borstelen ook de rugspuit wordt ingezet rondom obstakels. Dit leidt tot een relatief hoge emissie van glyfosaat.

#### Ecotoxiciteit (terrestrisch):

Bij dit thema hangen de scores vooral samen met het verbruik van brandstoffen en de emissies van metalen naar de lucht tijdens de productie van brandstoffen. Bij het borstelen worden deze emissies eveneens toegerekend door de slijtage van trottoirs. De scores bij borstelen worden echter ten dele gedempt door het composteren van veegafval en de toegerekende bonus omdat compost als kunstmestvervanger wordt toegepast.

Bij de chemische bestrijdingstechnieken speelt de afspoeling van glyfosaat naar de bodem nog een relevante rol (bijdrage 10-30% van de score). Hoe lager de afspoeling naar water, hoe hoger de afspoeling naar de bodem.

#### Humane toxiciteit:

Voor dit thema zijn de emissies van koolwaterstoffen het meest relevant (> 90% van de score). Ook hier is de productie cq. het verbruik van brandstoffen de belangrijkste factor. Bij borstelen is de bijdrage van de toegerekende slijtage aan trottoirs echter hoger.

#### Verzuring/vermesting:

Bij deze thema's leveren verscheidene processen een bijdrage aan de score. Voor de DOB-scenario's zijn de ammoniak emissies uit het te composteren veegafval relevant. De emissiefactor van ammoniak voor het composteerproces is tamelijk hoog. Bij borstelen speelt dit ook een rol maar is de emissie van NO<sub>x</sub> bij de productie van betonklinkers nog relevanter.

De scores van de overige scenario's hangen samen met de emissies van NO<sub>x</sub> en SO<sub>x</sub> uit de verbranding van brandstoffen. Bij heet water is dit effect het sterkst door de hoge emissiefactor voor NO<sub>x</sub>.

#### Biodiversiteit/life support functie:

De scores hier zijn gerelateerd aan het gebruik van land (ruimtebeslag) waardoor functies van ecosystemen verloren gaan. De scores bij deze thema's worden bepaald door composteren van veegafval (borstelen, DOB-scenario's), productie van betonklinkers (borstelen) en de productie en verbruik van brandstoffen (alle scenario's).

#### Algemeen:

Als de werkpakketten beoordeeld worden met de meest significante LCA-thema's, hebben borstelen en chemische bestrijding met sensorgestuurde techniek de hoogste, dus slechtste scores.

De pakketten DOB Laag, heet water en branden hebben ongeveer vergelijkbare scores. Het pakket met DOB Hoog zit hier tussen in.

Het is moeilijk te beoordelen of hier sprake is van significante verschillen. Afgaande op de verrichte gevoeligheidsanalyse (zie §4.2) is de bandbreedtes in uitkomsten betrekkelijk gering en/of evenredig in omvang voor alle scenario's. In sommige LCA-studies wordt als vuistregel aangehouden dat verschillen in

het milieuprofiel met een factor 2 of meer als significante verschillen mogen worden beschouwd. In dat licht duidt de bovengenoemde beoordeling inderdaad op significante verschillen. Zie ook ter illustratie figuur B1 in bijlage 1. De pakketten DOB Laag, heet water en branden zijn onderling niet significant verschillend maar wel significant beter dan de pakketten met sensorgestuurde chemische bestrijding en borstelen (aangevuld met chemische bestrijding). Het milieuprofiel van het pakket DOB Hoog is significant beter dan de 'klassieke' chemische onkruidbestrijding maar niet significant beter dan borstelen (in combinatie met chemische bestrijding). Het subscenario waarbij de borstelmaschine wordt gecombineerd met de bosmaaier, en dat alleen geschikt is om een kwaliteitsbeeld 3 te halen, heeft een vergelijkbaar milieuprofiel als het pakket DOB Hoog.

Uit de gevoeligheidsanalyse (zie §4.2) valt af te leiden dat deze conclusies betrekkelijk robuust zijn, dat wil zeggen niet sterk variëren doordat aannames en uitgangspunten anders worden. Nu de invloed van chemische middelen op de uitkomsten van de LCA kleiner is geworden, is de betekenis van de gekozen brandstoffen en hun emissiefactoren groter geworden. Dit beeld zal vermoedelijk in de toekomst sterker worden als DOB meer ingeburgerd raakt en/of als de sensorgestuurde techniek verder verbeterd wordt<sup>24</sup>. De belangrijkste aanbeveling die uit deze studie is af te leiden betreft dan ook het verkrijgen van betere inzichten in de gebruikte brandstoffen en de emissies die met hun verbruik gepaard gaan.

## 4.2 Gevoeligheidsanalyse en kanttekeningen

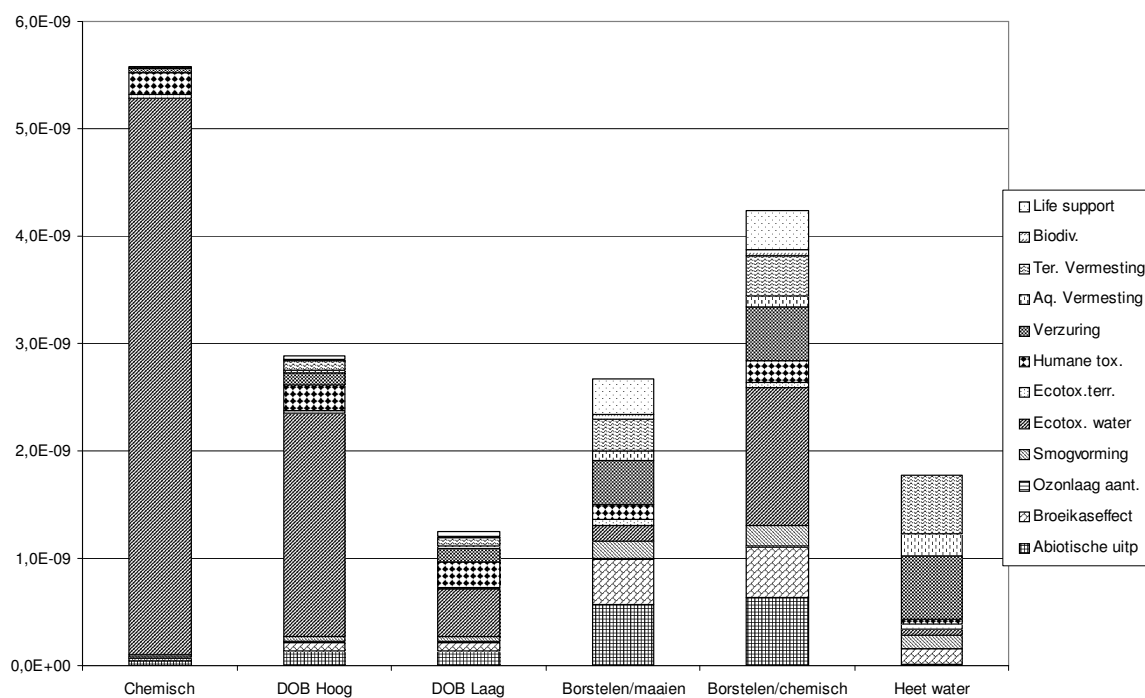
In de vorige LCA zijn verder gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor het emissiecompartiment van glyfosaat, het gewenste kwaliteitsbeeld van de verharding en het aantal obstakels. Deze analyses zijn hier ook uitgevoerd en geven hetzelfde resultaten.

Een gewenst of acceptabel kwaliteitsbeeld van klasse 3 leidt bij de meeste pakketten alleen tot fractionele wijzingen omdat eventuele verslechtering door lagere productiviteit wordt gecompenseerd door lagere behandel frequenties (zie tabel 2). Bij het borstelen gaf de vorige LCA een aanzienlijke verslechtering bij deze analyse, onder meer door een toename van te storten afval. Hier echter is dat minder doordat er geen sprake meer is van afvalstort maar van compostering.

---

<sup>24</sup> De fabrikant van WeedIt bijvoorbeeld werkt aan een nauwkeuriger sensorsysteem waardoor de herbicide dosis zou afnemen.

Figuur 4 Gevoeligheidsanalyse kwaliteitsbeeld 3



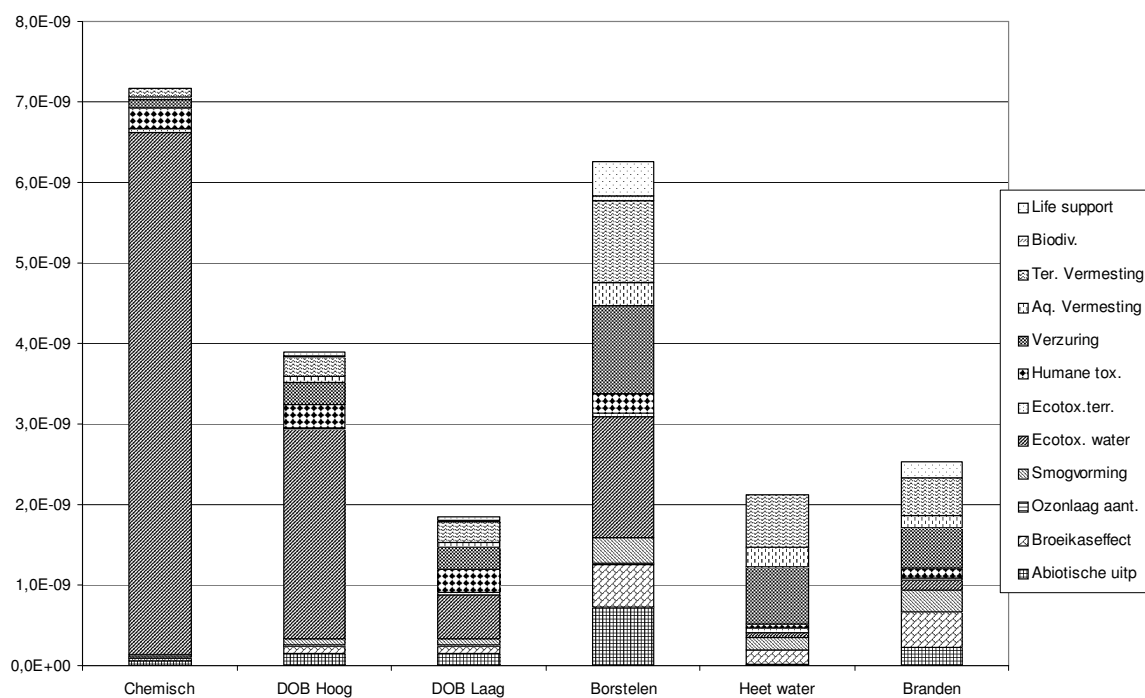
Bij chemische bestrijding en gebruik van heet water nemen alle milieueffectscores toe als er meer obstakels zijn doordat de productiviteit afneemt en/of er een hoger glyfosaatverbruik is (toegenomen gebruik spuitlans). Dit beeld is ook van toepassing op het werkpakket met branderunits. Ook bij borstelen nemen de milieueffectscores licht toe.

Daarnaast blijkt een nuancering op zijn plaats omdat bij chemische methoden inclusief DOB met 100% naleving van voorschriften is gerekend. Indien dit niet gebeurt zullen met name de scores van het thema ecotoxiciteit verslechteren. Slecht werken volgens DOB mag eigenlijk geen DOB heten. Door onder meer waterschap Zuiderzeeland is dan ook opgemerkt dat het goed gebruik van DOB vooral gebaat is bij een goede certificering. Hiermee wordt de kans op naleving sterk vergroot ook al biedt dit ook geen garanties. Daarnaast blijkt dat certificering voor kleine gemeenten niet betaalbaar is waarmee de kans op certificering in veel gevallen klein is.

Een andere relevante kanttekening is dat momenteel nog onvoldoende ervaring is opgedaan met de DOB-methode om zeker te weten dat deze in staat is een straatbeeld volgens klasse 2 (zeer geringe onkruid-begroeiing) te handhaven. In deze studie is er van uitgegaan dat dit wel het geval is.

Een andere gevoeligheidsanalyse betreft die van de emissiefactoren voor brandstoffen. Hierin zijn de factoren van de autobrandstoffen benzine en diesel voor NO<sub>x</sub> en stof met een factor 10 verhoogd. Voor SO<sub>2</sub> zijn de factoren met een factor 3 verhoogd op grond van de hogere zwavelgehalten in diesel voor niet-wegverkeer. Zoals blijkt uit figuur 5 heeft dit wel enige invloed op de uitkomsten van de milieuscores maar geen grote consequenties voor de conclusies van deze studie.

Figuur 5 Gevoeligheid voor emissiefactoren NO<sub>x</sub>, stof en SO<sub>2</sub>



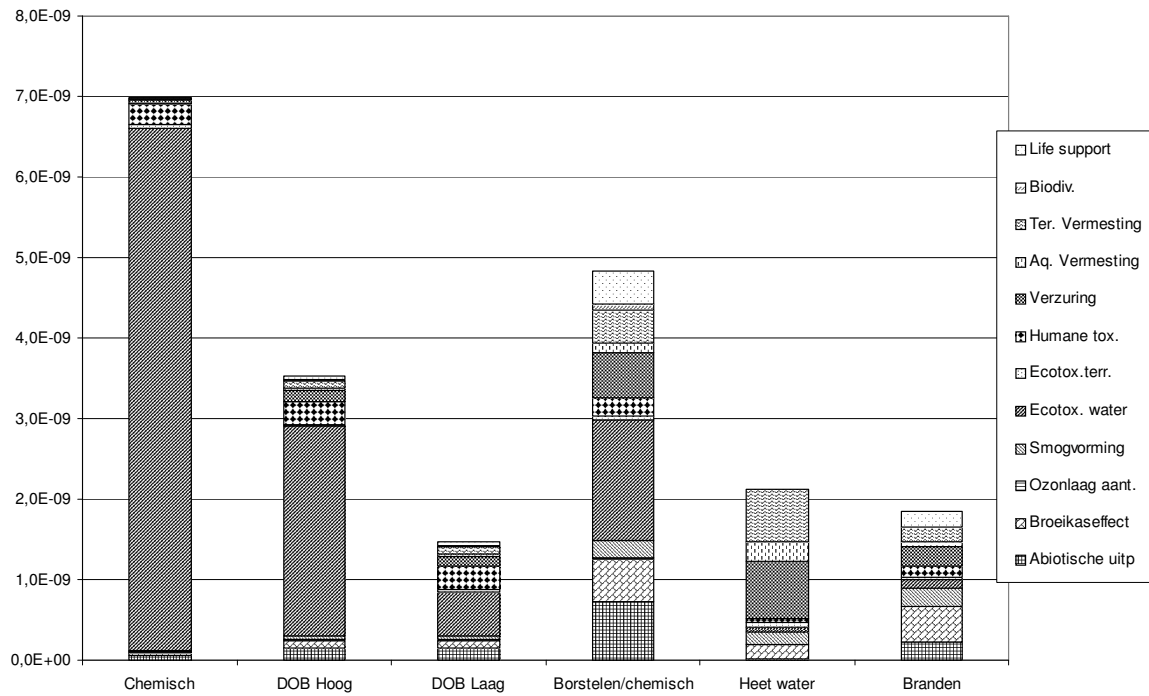
Ook de emissiefactoren uit de LCA van 2002 hier doorgerekend. Dat heeft relatief gezien vooral gevolgen voor de milieuprofielen van heet water (wordt beter) en branden (wordt slechter). Dit heeft te maken met de emissiefactor voor NO<sub>x</sub>. Ten opzichte van de LCA uit 2002 heeft de brandstof voor heet water (aggregaatdiesel) nu een hogere factor en de brandstof voor branden (LPG) een lagere factor. In bijlage 1 zijn ter illustratie dezelfde werkpakketten met deze emissiefactoren weergegeven (zie aldaar fig. B2).

Tot slot is kwalitatief gekeken naar de invloed van veegafval dat na borstelen wordt afgevoerd. In de LCA van 2002 werd dit afgevoerd naar een stortplaats en leidde dit tot een aanzienlijke bijdrage (30-40%) aan het milieuprofiel door de uitloging van toxische stoffen uit stortplaatsen. De hier gemaakte keuze van compostering van (de organische fractie van ) het veegafval heeft een gunstig effect op het milieuprofiel van borstelen. Een andere optie is het verbranden van veegafval. Ten opzichte van composteren is niet geheel zeker of dat tot grote verschillen leidt in het milieuprofiel<sup>25</sup>. In ieder geval heeft composteren geen slechter milieuprofiel dan verbranden en is de hier gemaakte keuze dus ook in dat opzicht relatief gunstig voor borstelen als werkpakket.

<sup>25</sup> *Herziening levenscyclusanalyse voor GFT-afval (herberekening LCA MER-LAP)*. Grontmij, IVAM, 2004.

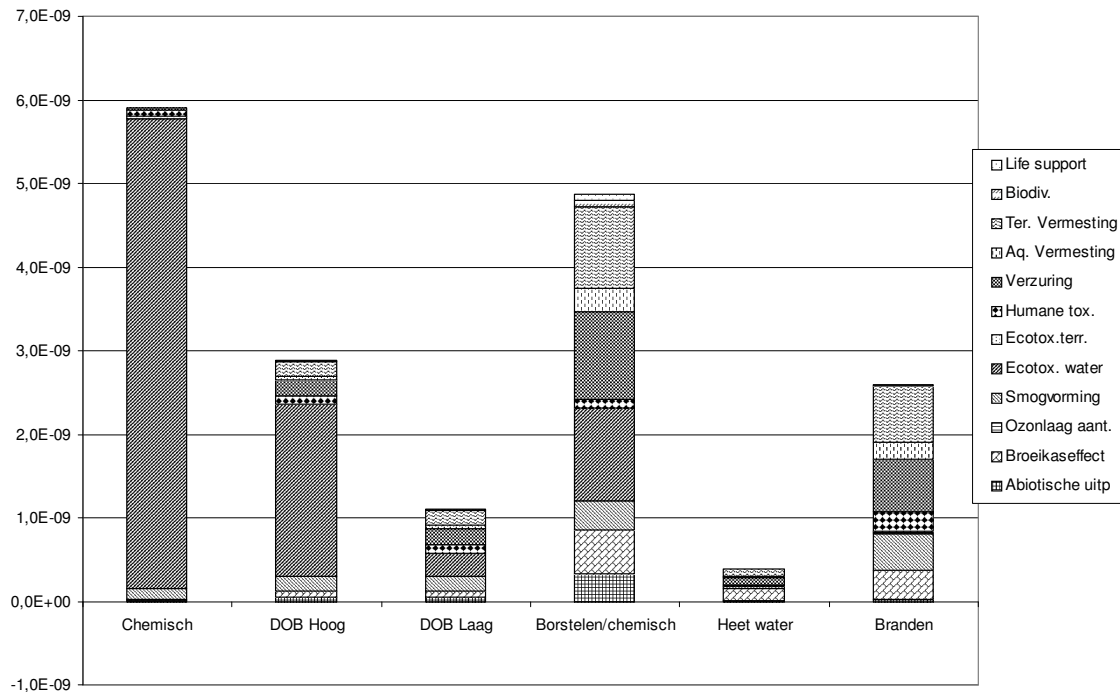
## Bijlage 1 Weergave genormaliseerde scores (gestapeld)

Fig .B1.1 Basisberekening



Gestapelde waarden van genormaliseerde scores. De score is uitgedrukt in nanopunten ( $10^{-9}$  punten).

Fig .B1.2 Berekening met 'oude' emissiefactoren brandstof



## Bijlage 2 Scenario's voor de Barometer Duurzaam Terreinbeheer

Eén van de scenario's die in deze LCA wordt geanalyseerd is een werkwijze conform de DOB-methode. Dit scenario komt sterk overeen met het Bronzenniveau uit het certificatiesysteem voor duurzaam beheer van groen en verharde terreinen (Barometer Duurzaam Terreinbeheer). Deze barometer heeft drie niveaus: Brons, Zilver en Goud. In deze bijlage analyseren we een scenario dat in overeenstemming is met het Zilver/Goud-niveau van de Barometer Duurzaam Terreinbeheer.

De volgende afbakening is meegenomen in relatie tot het Zilver/Goud-niveau van de Barometer Duurzaam Terreinbeheer:

1. De LCA heeft alleen betrekking op halfgesloten verhardingen. Daar waar de Barometer Duurzaam Terreinbeheer betrekking heeft op andere terreintypen zijn de uitkomsten van de LCA niet zonder meer bruikbaar;
2. De LCA heeft alleen betrekking op onkruidbestrijding op verhardingen. Andere elementen uit de Barometer Duurzaam Terreinbeheer en met name het niveau Goud (zwerfafval, groenafval, hondenpoep, gladheidsbestrijding, etc.) blijven buiten beschouwing;
3. Van het verharde terrein wordt 98% met niet-chemische onkruidbestrijding behandeld. Deskundigen geven aan dat momenteel nog geen beeld kan worden geschetst van de verdeling van de niet-chemische technieken. Daarvoor is de ervaring met de barometer nog te kort en is het aantal gemeenten nog te gering. Wel is aannemelijk dat een individuele gemeente vaak voor één techniek zal kiezen. In deze LCA zoeken we echter het gemiddelde over alle relevante gemeenten. We gaan in dit scenario derhalve uit van een evenredige verdeling waarbij 32,7% van het oppervlak wordt behandeld met borstelen (en bosmaaier), 32,7% met heet water en 32,7% met branden. In de gevoeligheidsanalyse geven we scenario's waarin 98% van het oppervlak met één pakket wordt behandeld, hetzij borstelen (en bosmaaier), hetzij heet water, hetzij branden;
4. We nemen het gebruik van zwavelarme diesel mee. Als zwavelarme diesel beschouwen we diesel met een gehalte lager dan 50 mg/kg (zie het intermezzo hieronder). De emissiefactoren uit tabel 1 zijn gebaseerd op een zwavelgehalte van 600 mg/kg. We gaan er hier van uit dat de emissies evenredig zijn met het zwavelgehalte. De emissiefactoren uit tabel 1 worden dus met een factor 12 verminderd.

### Zwavelgehalte brandstof

In EG-richtlijn 98/70/EG (Richtlijn betreffende de kwaliteit van benzine en van dieselbrandstof en tot wijziging van Richtlijn 93/12/EEG) zijn technische specificaties voor benzine en dieselbrandstof vastgesteld, ter bescherming van de gezondheid en het milieu.

De richtlijn stelt dat lidstaten ervoor moeten zorgen dat vanaf 1 januari 2005 op hun grondgebied benzine en diesel met een zwavelgehalte van maximaal 10 mg/kg in de handel wordt gebracht. Vanaf 1 januari 2009 mag benzine en diesel met een hoger zwavelgehalte dan 10 mg/kg niet meer in de handel worden gebracht. Als tussengrenswaarde geldt per 1 januari 2005 een gehalte van maximaal 50 mg/kg. In Nederland is het gemiddelde zwavelgehalte in diesel sinds 2002 lager dan 50 mg/kg. Sinds maart 2001 wordt de introductie van dieselolie met een zwavelgehalte van maximaal 50 mg/kg fiscaal gestimuleerd door middel van een accijnsverlaging

Gasolie voor niet voor de weg bestemde mobiele machines, landbouwtrekkers of bosbouwmachines mag vanaf 2004 maximaal 2000 mg/kg zwavel bevatten en vanaf 2008 maximaal 1000 mg/kg. Lidstaten mogen echter strengere eisen stellen voor zulke gasolie.

Richtlijn 98/70 is in Nederlandse regelgeving omgezet door middel van het Besluit kwaliteitseisen brandstoffen wegverkeer. Met dit besluit is het Besluit loodgehalte benzine komen te vervallen en valt dieselbrandstof voor het wegverkeer niet langer onder het Besluit zwavelgehalte brandstoffen. Er is voor gekozen om dieselbrandstof voor niet voor de weg bestemde mobiele machines en landbouwtrekkers voorlopig wel onder het regime van het Besluit zwavelgehalte brandstoffen te houden (waardoor het maximale zwavelgehalte van deze diesel op 2000 mg/kg blijft).

5. We nemen het gebruik van alkylaatbenzine mee. Alkylaatbenzine is een type benzine dat geschikt is voor zowel viertakt als tweetakt apparaten. De schone brandstof wordt gesynthetiseerd uit schone gassen tijdens de raffinage. De benzine is hierdoor ook duurder dan gewone benzine. Alkylaatbenzine bevat lage concentraties benzeen (<0,1 vol-%) en andere aromatische koolwaterstoffen. Het gehalte alifatische koolwaterstoffen daarentegen is zeer hoog (> 99%). Deze benzine heeft vermoedelijk ook een gunstig effect op de levensduur van de machines maar dat effect is hier niet meegerekend.  
Er zijn geen concrete emissiegegevens gevonden voor deze brandstof. Uit een Zwitserse studie wordt een emissiereductie met een factor 26-33 gemeld<sup>26</sup>. Hier nemen we als uitgangspunt dat de emissie van benzeen en overige koolwaterstoffen afneemt met een factor 25.
6. De toepassing van hydraulische olie is meegenomen in de huidige LCA-berekening. Het zit echter versleuteld in de achtergrondprocessen die we gekozen hebben als referentie (auto, aggregaat). De bijdrage aan het milieuprofiel is zeer gering, namelijk minder dan 1%. Een aanpassing met een biologisch smeermiddel is mogelijk maar tijdrovend en daarom in deze studie achterwege gelaten. De toepassing van verbruikssmeermiddelen zit niet in de huidige LCA. De reden hiervoor was dat de bosmaaier maar beperkt wordt ingezet in de gedefinieerde werkpakketten. De inspanning om gegevens te verkrijgen weegt dan niet op tegen de meerwaarde.
7. In het scenario houden we aan dat op 2% van het verharde oppervlak chemische bestrijding plaatsvindt;
8. Bij chemische bestrijding wordt alleen glyfosaat als actieve stof gebruikt, geen MCPA;
9. Chemische bestrijding wordt uitgevoerd met de DOB-methode. De achtergrondwaarden hiervan worden overgenomen uit de lopende LCA Update. We houden een afspoeling voor glyfosaat aan van 25%. Dit is dus de hoge kant van de bandbreedte en een bewuste keuze om een voorzichtige benadering te kiezen voor de milieueffecten van keurmerkcriteria.

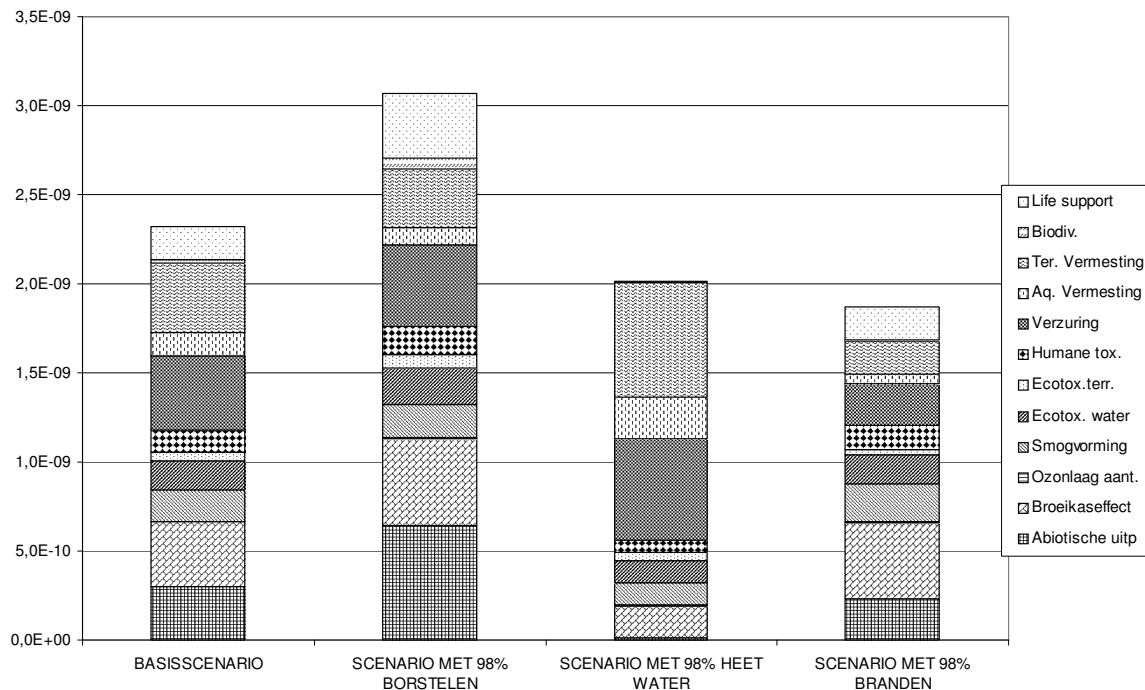
Met inachtneming van bovenstaande uitgangspunten zijn LCA-berekeningen uitgevoerd. De genormaliseerde waarden zijn (in gestapelde vorm) weergegeven in figuur B2.1.

---

<sup>26</sup> [www.gereatebenzin.ch](http://www.gereatebenzin.ch)



Fig. B2.1 Milieuprofiel van scenario's voor niveau Zilver/Goud van de Barometer Duurzaam Terreinbeheer



Een relevante opmerking is hier dat het pakket 'borstelen' strikt genomen niet van toepassing is binnen dit scenario. Omdat het subscenario 'borstelen en aanvullende chemische bestrijding' niet toepasbaar is binnen dit scenario, wordt gebruik gemaakt van het subscenario 'borstelen en bosmaaier'. Dit subscenario is niet geschikt om een kwaliteitsbeeld 2 te halen (zie ook tabel 2). We hebben hier voor de consistentie van de berekening toch aangehouden dat borstelen en bosmaaier wordt toegepast en wel met een behandel frequentie van 3,5. Een andere optie was ook mogelijk, namelijk om het scenario door te rekenen alsof kwaliteitsbeeld 3 het richtpunt is. Nadeel hiervan is dat de berekeningen niet meer consistent zijn met de rest van de LCA. Bovendien is het subscenario 'branden' niet geschikt voor kwaliteitsbeeld 3 zodat het probleem van inconsistentie niet verholpen wordt.

Uit de berekeningen blijkt dat de niet-chemische technieken vooral bepalend zijn voor het milieuprofiel. De bijdrage van glyfosaat aan het milieuprofiel bedraagt circa 2%. Voor het LCA-thema aquatische ecotoxiciteit is de bijdrage hoger, namelijk circa 28%. De milieuscores voor de thema's smogvorming, verzuring en vermesting verbeteren en zijn ongeveer 20-30% lager door de toepassing van schonere brandstoffen. Dit heeft op het totale milieuprofiel, waarin alle thema's een rol spelen, betrekkelijk weinig invloed. De gevoeligheidsanalyses laten zien dat de tendens die in bijlage 1 is te zien (figuur B1.1), ook hier terugkomt.

### Bijlage 3 Stofgegevens AMPA ten behoeve van LCA-karakteriseringsfactor

Compound name	unit	AMPA (aminomethylphosphonic acid)	Remarks
CAS nr.	-	1066-51-9	
<b>Effects assessment</b>			
Acceptable/Tolerable Daily Intake or Reference Dose for man	kg/kg*d	4,00E-06	LD50 (rat) = 8300 mg/kg.bw, NOEL = 400 mg/kg.bw/day, safetyfactor 100
Acceptable/Tolerable Concentration in air for man	kg/m3	no value	
Maximum Tolerable Concentration for aquatic compartment	kg/m3	7,90E-05	Saft/Staats en Traas
Maximum Tolerable Concentration for fresh water aquatic compartment	kg/m3	no value	EP niet geschikt volgens Traas
Maximum Tolerable Concentration for salt water aquatic compartment	kg/m3	no value	
Maximum Tolerable Concentration for sediment compartment	kg/kg(wwt)	EP	
Maximum Tolerable Concentration for fresh water sediment compartment	kg/kg(wwt)	EP	
Maximum Tolerable Concentration for salt water sediment compartment	kg/kg(wwt)	EP	
Maximum Tolerable Concentration for soil compartment	kg/kg(wwt)	EP	
Inorganic substance, but no metal?	yes/no	no	
<b>Physico-chemical properties</b>			
molecular weight	g/mol	111	
octanol-water partition coefficient , neutral species	-	-2,27E+00	gemiddelde uit KOWWIN en ClogP, Smit et al (in Traas)
melting point	C	300	
vapor pressure (25)	Pa	no value	
solubility (25), neutral species	mg/l	> 20000	
dissociation constant for acids	-	5,6	gemiddelde uit 3 pKa-waarden, Smits et al (in Traas)
Is the compound a metal?	yes/no	no	

<b>Partitioning</b>				
Henry's law constant (25C)	(Pa-m3/mol)		no value	
organic carbon partition coefficient	l/kg		no value	
solid-water partition coefficient soil	l/kg	7,70E+01		diverse waarden in Traas
solid-water partition coefficient sediment	l/kg		no value	
solid-water partition coefficient suspended matter	l/kg		no value	
Aerosol collection efficiency	-		no value	
Fraction of aerosol bounded substance	-		no value	
aerosol deposition velocity	m/s		no value	
<b>Degradation rates</b>				
reaction half-life in air	d		no value	
hydroxyl radical reaction in air (-10C)	cm3/molec-sec		no value	
hydroxyl radical reaction in air (12C)	cm3/molec-sec		no value	
hydroxyl radical reaction in air (25C)	cm3/molec-sec		no value	
hydrolysis in surface water (PH=6, 20C)	d		no value	
hydrolysis in surface water (PH=7, 20C)	d		no value	
hydrolysis in surface water (PH=8, 20C)	d		no value	
biodegradation in surface water (20C)	d	32		CTB (in Saft/Staats)
abiotic degradation in soil (PH=6, 20C)	d		no value	
abiotic degradation in soil (PH=7, 20C)	d		no value	
biodegradation in soil (20C)	d	149		Giesy (in Saft/Staats) en CTB
abiotic degradation in the sediment zone (PH=7, 20C)	d		no value	
abiotic degradation in the sediment zone (PH=8, 20C)	d		no value	
aerobic biodegradation in the sediment zone (20C)	d		no value	
anaerobic biodegradation in the sediment zone (20C)	d		no value	
metabolism in plant tissue	d		no value	
photodegradation upon plant tissue	d		no value	
<b>Exposure assessment</b>				

bioconcentration factor in fish relative to contaminant water concentration	l/kg(wwt)	no value
Partitioning coefficient between leaves and air	m3/m3	no value
Conductance	m/s	no value
Transpiration stream concentration factor	-	no value
Root concentration factor relative to contaminant porewater concentration in soil	l/kg wwt	no value
bioconcentration factor in plant roots relative to contaminant soil concentration	kg wwt/kg wwt	no value
bioconcentration factor in plant leafs relative to contaminant soil concentration	kg wwt/kg wwt	no value
biotransfer factor for meat	d/kg(food)	no value
biotransfer factor for milk	d/kg(food)	no value
Respirable fraction of inhaled substance	-	no value
Bioavailability for inhalation	-	no value
Bioavailability for oral uptake	-	no value