

Schaduw prijzen chloriden en bromiden

Rapport
Delft, december 2012

Opgesteld door:
CE Delft



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

CE Delft

Schaduwprijzen chloriden en bromiden

Delft, CE Delft, december 2012

Publicatienummer: 12.7811.83

Opdrachtgever: Nyrstar Belgium NV.

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

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider, Sander de Bruyn.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

Inhoud

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Methodiek en resultaten | 5 |
| 1.1 | Inleiding | 5 |
| 1.2 | Methodiek en resultaten | 5 |
| | | |
| 2 | Achtergronden gebruik schaduwrijzen | 7 |
| 2.1 | Methodiek schaduwrijzen | 7 |
| 2.2 | Schaduwrijzen voor bromiden en chloriden | 8 |
| 2.3 | Gebruik schaduwrijzen in de praktijk | 8 |





1 Methodiek en resultaten

1.1 Inleiding

Nyrstar Belgium NV heeft aan CE Delft gevraagd om een berekening te maken van de schaduw prijzen voor een aantal chloride- en bromideverbindingen. Het gaat om de stoffen NaCl, KCl en NaBr die aanwezig zijn in afvalwater dat wordt geloosd op zoetwater. Deze stoffen staan niet in het schaduw prijzen-handboek van CE Delft (2010). Echter, via de methodiek die gehanteerd is in het Handboek Schaduw prijzen kunnen wel vergelijkbare schaduw prijzen worden ontwikkeld. Deze notitie geeft een overzicht van de gevonden schaduw prijzen.

1.2 Methodiek en resultaten

Het Handboek Schaduw prijzen (CE, 2010) geeft een monetaire waardering voor de schade die een bepaalde LCA-impactcategorie geeft. Deze waardering is bepaald aan de combinatie van bestaande schattingen over de waardering van milieuschadelijke stoffen via het EU-brede NEEDS-project (NEEDS, 2008) met de karakterisatiefactoren¹ die zijn opgesteld in het kader van het Recipe-project (Goedkoop *et al.*, 2009). Via een ingewikkeld stelsel van berekening heeft CE Delft (2010) een waardering voor meer dan 400 milieugevaarlijke stoffen opgesteld die congruent is aan de schattingen die zijn verkregen in het NEEDS-project dat beschouwd wordt als de 'state-of-the-art' van de monetaire schattingen van milieuschade.

NaCl, KCl en NaBr zijn an-sich echter niet als aparte stoffen weergegeven in het CE Delft Handboek Schaduw prijzen. Ook geeft het CE Delft Handboek Schaduw prijzen geen waarden voor de LCA-impact categorie ecotoxiciteit. Volgens de Recipe karakterisatiemethodiek (Goedkoop *et al.*, 2009) geven NaCl, KCl en NaBr effecten op zowel de humane toxiciteit en de 'terrestrial', mariene en zoetwater ecotoxiciteit. Andere effecten konden niet via de Recipe-methodiek worden vastgesteld.

In het kader van dit project hebben we vier berekeningen uitgevoerd:

1. Een financiële waardering voor de schade aan ecotoxiciteit afgeleid van de waarde voor humane toxiciteit. Dit komt overeen met € 0,03/kg 1,4 DB-eq.² voor 'terrestrial' ecotoxiciteit, een waarde van € 0,01/kg 1,4 DB-eq. voor zoetwater en mariene ecotoxiciteit.
2. Aan de hand van de moleculaire samenstelling van NaCl, KCl en NaBr een waarde bepaald voor het aandeel chlorides en bromides die de schadelijke componenten vormen voor lozing op zoetwater.
3. Een aanname gemaakt over de reactie van de stoffen in zoetwater. We gaan ervan uit dat 50% van de bromides onder reacties met water en zonlicht in natrium, bromate en water. Daarnaast gaan we ervan uit dat

¹ Karakterisatiefactoren worden gebruikt om de milieu-impacts van elke emissie en grondstof kwantitatief uit te drukken in onderling vergelijkbare eenheden. Zo worden bijvoorbeeld elke emissies broeikasgassen uitgedrukt in CO₂-emissies. Dit worden dan CO₂-equivalenten genoemd.

² 1,4 DB eq. = 1,4 dichlorobenzine equivalenten. Dus de toxiciteit van elke stof wordt relatief uitgedrukt aan de toxiciteit van dichlorobenzine.



100% van de zouten (NaCl en KCl) geloosd op oppervlaktewater verandert in natrium/kalium, chloriden en water.³

4. Een karakterisatiefactor voor chlorides afgeleid uit Zhou *et al.* (2011) en Environment Canada (2001) waarmee de impacts op ecotoxiciteit zijn bepaald. Voor bromates wordt de karakterisatiefactor uit ReCiPe (Goedkoop *et al.*, 2009) genomen.

De berekeningen bestaan derhalve uit het berekenen van de betreffende karakterisatiefactoren voor de drie stoffen en het vermenigvuldigen van deze karakterisatiefactoren met de waardes uit het Handboek Schaduwrijzen en de aanvullende berekeningen. Een uitgebreidere tabel met berekeningen is te vinden in Hoofdstuk 2.

Tabel 1 geeft het resultaat van de berekeningen.

Tabel 1 Schaduwrijzen in constante prijzen (prijspeil 2008) voor de drie stoffen

| | kg 1,4 DB-eq. HT & ET ⁴ | Schaduwrijzen €/kg (2008) |
|------|------------------------------------|---------------------------|
| NaCl | 0,267 | 0,0027 |
| KCl | 0,341 | 0,0034 |
| NaBr | 4,130 | 0,0833 |

Noot: HT betekent Humane toxiciteit; ET betekent Ecotoxiciteit.

Hieruit blijkt dat Natrium bromides een hogere schaduwrijzen heeft dan de zouten NaCl en KCl. De schaduwrijzen zijn weergegeven in €/kg emissie. De waardering is gesteld in constante prijzen in € uit 2008.

³ De reacties zijn: $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}$; $\text{KCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}$; $\text{NaBr} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$; $\text{Br}^- + \text{O}_3 \rightarrow \text{BrO}_3^-$. Recipe geeft geen karakterisatie voor Cl- en Br, wel voor Cl2 en BrO3.

⁴ HT = humane toxiciteit, ET = ecotoxiciteit.



2 Achtergronden gebruik schaduwrijzen

2.1 Methodiek schaduwrijzen

Schaduwrijzen geven waardes weer voor goederen of productiefactoren die niet op markten worden verhandeld. Het milieu is daar een voorbeeld van. Om toch het milieu op te nemen in economische analysetools wordt gebruik gemaakt van zogeheten schaduwrijzen. Schaduwrijzen geven dan de maatschappelijke waarde weer die aan een goed, in dit geval milieukwaliteit, wordt gegeven.

Deze maatschappelijke waarde valt niet direct te bepalen. Toch is milieu een schaars goed. Door een verslechtering van milieukwaliteit ontstaan problemen op het gebied van menselijke gezondheid, schade aan ecosystemen, schade aan machines en gebouwen en schade aan de natuur als productiefactor voor voedsel (landbouw, visserij) en hout. Deze schades zijn in geld uit te drukken. Dit is gedaan voor een aantal stoffen in het Europese NEEDS-project (NEEDS, 2008) via de zogeheten 'Impact-Pathway Approach' waarin de emissie van ontstaan tot schadelijk effect wordt gemodelleerd, onder meer door gebruik van atmosferische verspreidingsmodellen en toxiciteitsanalyses.

In het Handboek Schaduwrijzen (CE, 2010), zijn de schades die in het NEEDS-project zijn berekend vervolgens via een ingewikkeld stelsel van berekeningen uitgebreid tot een financiële waardering van meer dan 400 milieugevaarlijke stoffen. Hierbij is gebruik gemaakt van additionele literatuur, met name op het gebied van geluid, radioactiviteit en ozonlaag-aantasting, alle cijfers geharmoniseerd met het prijs- en inkomensniveau van 2008, en zijn de gevonden waarden doorgerekend met de karakterisatie-factoren van het ReCiPe-project (Goedkoop *et al.*, 2009). Het ReCiPe-project heeft de afgelopen vijf jaar getracht om consistentie aan te brengen in karakterisatie-factoren op end-point- en mid-pointniveau.⁵

In het Schaduwrijzen Handboek zijn alle fysieke effecten gewaardeerd overeenkomstig de waarden in NEEDS:

- voortijdig overlijden (chronische en acute mortaliteit) is gewaardeerd overeenkomstig de NEEDS 2008-aanbeveling met een VOLY (Value Of Lost Years) van € 40.000 (prijzen 2000) voor chronische mortaliteit en € 60.000 (prijzen 2000) voor acute mortaliteit;
- ziekte (morbiditeit) is gewaardeerd met de waarden uit het NEEDS-project (2008);
- veranderingen in biodiversiteit zijn gewaardeerd via Kuik *et al.*, 2008;
- effecten voor gewassen zijn gewaardeerd tegen marktprijzen;
- effecten voor gebouwen/bouwmaterialen zijn gewaardeerd tegen herstellkosten.

⁵ Karakterisatiefactoren kennen verschillende perspectieven, onder meer met de tijdschaal waarin de effecten worden meegenomen. Voor de set karakterisatiefactoren hebben we gebruik gemaakt van het hiërarchische perspectief, wat als het gemiddelde kan worden beschouwd van de tijdschalen die in ReCiPe worden onderscheiden.



2.2 Schaduwrijzen voor bromiden en chloriden

Voor het bepalen van schaduwrijzen voor NaCl, KCl en NaBr hebben we gekeken naar het moleculair gewicht van de stoffen, de reactie van stoffen wanneer geloosd in zoet oppervlaktewater en de ReCiPe karakterisatiefactoren van de stoffen die overblijven na reactie met H₂O.

De stoffen hebben gevolgen zowel voor menselijke gezondheid als ecotoxiciteit. Beide impactcategorieën zijn uitgedrukt in kg 1,4 DB-eq.

Tabel 2 geeft de waarden aan van de diverse impactcategorieën.

Tabel 2 Overzicht van karakterisatiefactoren

| Compound | | Human toxiciteit | Terrestrial ecotoxiciteit | Freshwater ecotoxiciteit | Mariene ecotoxiciteit | Aanname |
|----------|------------------|------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|--|
| | %Cl | kg 1,4 DB-eq. | kg 1,4 DB-eq. | kg 1,4 DB-eq. | kg 1,4 DB-eq. | |
| NaCl | 61% | 0 | 0 | 0,252 | 0,0150 | NaCl + H ₂ O --> Na+(aq) + Cl-(aq) + H ₂ O |
| KCl | 48% | 0 | 0 | 0,322 | 0,0192 | KCl + H ₂ O --> K+(aq) + Cl-(aq) + H ₂ O |
| NaBr | N/A ⁶ | 3,97 | 2,88E-10 | 0,163 | 0,0017 | 100% of NaBr dissolves in water, 50% Br- ions react with O ₃ (sunlight) to produce BrO ₃ |

Door deze karakterisatiefactoren te vermenigvuldigen met de waarden uit het Handboek Schaduwrijzen voor humane toxiciteit (€ 0,0206 per kg 1,4 DB-eq.), en de daarmee gerelateerde waarden voor 'terrestrial' ecotoxiciteit van € 0,03/kg 1,4 DB-eq.) en mariene en zoetwater ecotoxiciteit van € 0,01/kg 1,4 DB-eq. verkrijgt men de schaduwrijzen die in Hoofdstuk 0 vermeld staan.

2.3 Gebruik schaduwrijzen in de praktijk

Sinds eind jaren negentig is het gebruik van schaduwrijzen sterk toegenomen, zowel binnen de wetenschap als bij de overheid en het bedrijfsleven. Enerzijds gaat het om prioriteitstelling bij het nemen van (interne) beleidsbeslissingen. Anderzijds om (extern) te communiceren over de milieuprestaties van eigen activiteiten, al dan niet in vergelijking met anderen, zoals in Nederland gebeurt bij de Milieubarometer.

Grofweg kan men drie gebruiksdoelen omschrijven:

1. Kosten/batenanalyses en investeringsbeslissingen.

Bij veel economische afwegingen spelen naast financiële belangen ook milieueffecten een rol. Denk aan het aanleggen van een weg waarbij naast de rentabiliteit van de weg ook gekeken moet worden naar neveneffecten, zoals milieuvervuiling. Door deze milieuvervuiling te waarderen met schaduwrijzen ontstaat een vergelijkbare eenheid met de financieel-

⁶ Moleculair gewicht percentage niet nodig om effecten van BrO₃ (gesynthetiseerd van NaBr) te bepalen.



economische gegevens en kan er beter onderbouwd een beslissing worden genomen over de wenselijkheid en richting van de investering.

2. Milieukundige analyses.

Uit milieukundige analyses van activiteiten, producten of diensten (zoals levenscyclusanalyse of environmental impact assesment) komen verschillende milieueffecten aan bod die men vervolgens met schaduw-prijzen kan wegen om tot één uitkomst te komen. Op die manier worden verschillende milieueffecten, zoals verzuring en klimaatverandering, onderling vergelijkbaar. Een bedrijf kan hiermee bijvoorbeeld bepalen of een laminaat koffieverpakking met aluminium een betere 'milieuscore' heeft dan een plastic koffieverpakking - waarbij de totale milieuscore wordt uitgedrukt in schaduw-prijzen. Een overheid kan hiermee bijvoorbeeld bepalen of het recyclen van papier milieuvriendelijker is dan het verbranden en het terugwinnen van de energie.

3. Benchmarking en indicatoren.

In sommige gevallen is het interessant het milieuprofiel van een bedrijf, organisatie of land te vergelijken met soortgelijke instanties. Een ziekenhuis wil bijvoorbeeld weten hoe zij qua milieuvuiling presteert ten opzichte van andere Nederlandse ziekenhuizen. Dergelijk vergelijk is mogelijk door alle milieueffecten op te tellen met schaduw-prijzen.

In het eerste geval is het doel van schaduw-prijzen dus primair *waardering*. In het tweede en derde geval is het doel vooral milieukundige *weging*.