



# **Aluminium in afvalwater en slib**

Kathleen Geertjes

Kees Baas

Stephan Verschuren

Remco Kaashoek

Cor Graveland

**CBS Den Haag**  
Henri Faasdreef 312  
2492 JP Den Haag  
Postbus 24500  
2490 HA Den Haag  
+31 70 337 38 00  
[www.cbs.nl](http://www.cbs.nl)

Projectnummer: 14159

Datum: 22 maart 2016

Kennisgeving: De in dit rapport weergegeven opvattingen zijn die van de auteur(s) en komen niet noodzakelijk overeen met het beleid van het Centraal Bureau voor de Statistiek.

# 1. Inleiding

Deze informatiefolder beoogt een indicatie te geven van de hoeveelheden en gehalten van aluminium op verschillende plekken in de afvalwaterketen. Met deze informatie zijn plekken in de afvalwaterketen aan te wijzen die mogelijk geschikt zijn om aluminium terug te winnen.

Deze folder is tevens opgenomen als hoofdstuk in het rapport “*Kritische materialen in afvalwater en slib*” dat het Centraal Bureau voor de Statistiek in opdracht van het Ministerie van Economisch Zaken heeft gepubliceerd <link>. In het rapport kan met terecht voor meer informatie over de gehanteerde methoden en bronnen bij de totstandkoming van de cijfers in deze folder. Naast deze folder zijn er folders over andere kritische materialen.

De folder is als volgt samengesteld. In hoofdstuk 2 staat algemene informatie over de verschijningsvorm, de waarde van de stof en het wereldproductie- en importvolume. Hoofdstuk 3 geeft de hoeveelheden en gehalten van de stof in het *afvalwater* weer, al dan niet uitgesplitst naar bedrijfstak. De hoeveelheden en gehalten van de stof in het *slib* worden in hoofdstuk 4 behandeld. Tot slot volgt een korte samenvatting.

## 2. Kenmerken aluminium

Aluminium is een zilverwit, buigzaam metaal. Het is stabiel aan de lucht, maar alleen dankzij een dun en gesloten oxidehuidje, dat het metaal een doffe indruk geeft. Het is een scheikundig element met het symbool Al<sup>1</sup>.

### *Verschijningsvorm*

Aluminium komt niet in pure vorm in de natuur voor. In verbindingen echter is aluminium bijzonder algemeen. Aluminiumhoudende mineralen zijn verantwoordelijk voor een flink percentage (circa 8%) van de aardkorst. Hoewel aluminium een bestanddeel is van klei, gebruikt de aluminiumindustrie als erts bij voorkeur het mineraal bauxiet. In 2013 werd 296 miljard kilogram bauxiet gedolven (tabel 2.1). Australië, Indonesië, China, Brazilië en India zijn grote producenten van bauxiet (BGS). Winning uit klei is moeilijker en daardoor onrendabel.

*Tabel 2.1 De wereldproductie en Nederlandse productie, in- en uitvoer van aluminium*

	Wereldproductie		Nederland					
	2012	2013	Productie		Invoer		Uitvoer	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
	<i>miljoen kg</i>							
Bauxiet <sup>1</sup>	256 000	296 000	.	.	108	35	19	69
Alumina <sup>2</sup>	95 500	101 400	.	.	627	792	10	583
Primair aluminium <sup>3</sup>	46 200	47 100	86	81	.	.	.	.
Alumina hydraat	.	.	.	.	243	287	128	159
Onbewerkt aluminium	.	.	.	.	488	163	371	381
Onbewerkte legeringen	.	.	.	.	465	445	204	223
Schroot	.	.	.	.	270	221	373	321

1) Inclusief productie van vuurvast bauxiet.

2) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-gehalte. Alumina geproduceerd uit bauxiet.

Bron: Britisch Geological Survey.

<sup>1</sup> <https://nl.wikipedia.org/wiki/Aluminium>

Bauxiet bestaat uit  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (aluminiumoxide) en restant. Uit het bauxiet wordt via een aantal processtappen aluminiumoxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) gewonnen. Het aluminiumoxidepoeder, aluinaarde, wordt daarna in een speciale oven gebracht. Door middel van elektrolyse wordt de aluinaarde gesplitst in vloeibaar aluminium en zuurstof. Het vloeibare aluminium gaat naar de gieterij waar het gereinigd wordt en eventueel gemengd met andere stoffen om bepaalde kwaliteiten aluminium te maken. Daarna worden walsplakken en persstaven gegoten waaruit de uiteindelijke aluminiumproducten kunnen worden gemaakt. Zo wordt uit 4 ton bauxiet 2 ton aluminiumoxide gemaakt, dat 1,5 ton aluminium oplevert (Wikipedia).

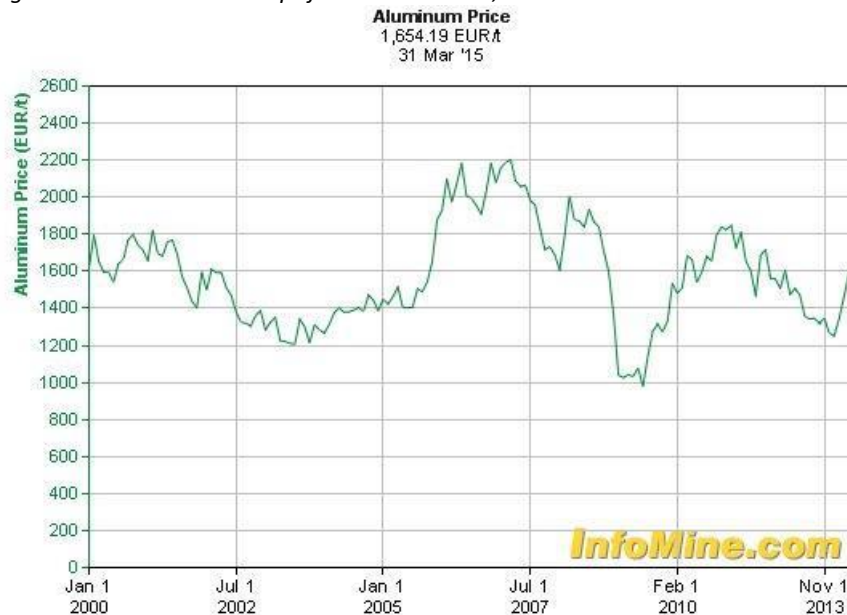
Aluminium is licht (slechts een derde van het gewicht van staal of brons). Met een legering bestaande uit 93,5 procent aluminium, 4 procent koper, 1 procent magnesium, 1 procent mangaan en een 0,5 procent silicium is het even sterk en corrosie bestendig als staal.

Nederland beschikt over meerdere producenten van primair aluminium (primaire smelters), waarvan er ondertussen wel enkele zijn gesloten. In 2013 bedroeg de Nederlandse productie 81 miljoen kg (tabel 2.1). Daarnaast zijn er in Nederland ongeveer tien producenten van secundair aluminium (secondaire smelters)<sup>2</sup>.

#### Waarde

De prijs van aluminium ligt rond de 1,6 euro per kilogram (figuur 2.1) in 2015. De prijs was hoger in 2006 en lager in 2009.

Figuur 2.1 De wereldmarktprijs van aluminium, 2000-2013



#### Toepassingen

Aluminium is een goede geleider. Het vonkt niet en het laat zich relatief gemakkelijk vormen. Aluminium wordt veel gebruikt in de vliegtuig- en ruimtevaartindustrie. Andere toepassingen zijn: verpakkingsmateriaal, huishoudelijke apparatuur, aluminiumfolie, speelgoed, antennes,

<sup>2</sup> <http://www.roval.nl/NL/Van-grondstof-tot-materiaal>

auto industrie, dakbedekking en geveldelen van gebouwen, bouwsteigers en constructies in de licht- en geluid industrie<sup>3</sup>.

#### *Hergebruik aluminium*

Recycling van aluminium bestaat al sinds de productie van aluminium. Het metaal is eenvoudig om te smelten en daarbij is 95 procent minder energie nodig dan voor het maken van aluminium uit ruwe grondstoffen. In 2000 werd 72 procent van de totale hoeveelheid aluminium in Nederland gerecycled. Per sector zijn de recyclingpercentages verschillend. In de bouw en transportsector ligt dit percentage rond 94 procent<sup>4</sup>.

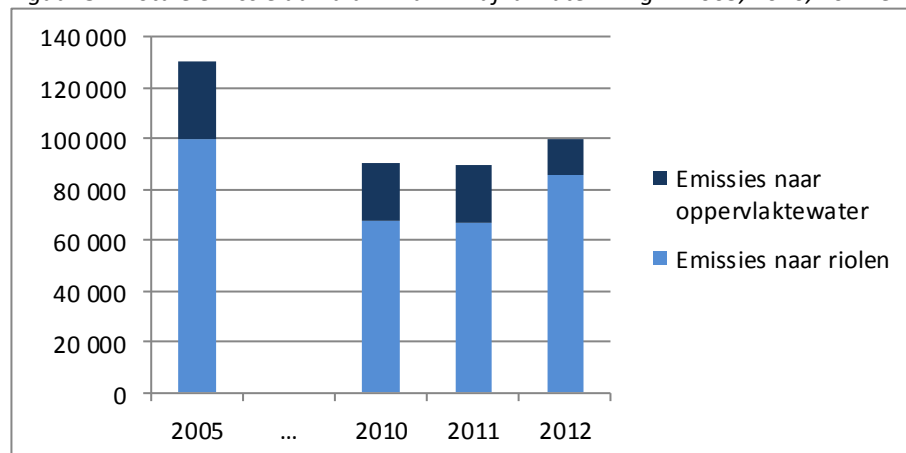
Voor zover bekend vindt er geen herwinning van aluminium uit afvalwater plaats. Wel zijn er mogelijkheden om aluminium uit bodemas, het restproduct bij de verbranding in afvalenergiecentrales, terug te winnen. Onderzoek van de Vereniging Afvalbedrijven, de TU Delft en het ministerie van Infrastructuur en Milieu naar het terugwinnen van aluminium heeft uitgewezen dat na het verbrandingsproces vrijwel dezelfde hoeveelheid aan metallisch aluminium over is als voor de verbranding aanwezig was. Het aluminium blijft in metaalvorm in bodemas achter<sup>5</sup>.

### 3. Aluminium in afvalwater

#### *Totale emissie aan aluminium*

De totale emissie aan aluminium in Nederland in afvalwater bedroeg circa 100 ton in 2012, waarvan 86 procent op het riool geloosd is. Aluminium wordt voornamelijk geloosd door bedrijven. Er zijn geen grote diffuse bronnen. Bedrijven in de basismetaleindustrie lozen het meeste aluminium, gevolgd door de metaalproductenindustrie en de chemische industrie. De basismetaleindustrie en de metaalproductenindustrie lozen het aluminium vrijwel volledig op het riool. Het aluminium afkomstig van verkeer & vervoer wordt vooral naar het oppervlaktewater geëmitteerd. Het betreft hier een hele specifieke bron, namelijk de corrosie van aluminium uit opofferingsanodes op de scheepshuid van zeegeande schepen. Daarnaast komt er wat aluminium vrij uit slijtage van remvoeringen bij voertuigen. De remstof spoelt via hemelwater vanaf het wegoppervlak naar het riool. Zie de figuren 3.1, 3.2 en 3.3.

*Figuur 3.1 Totale emissie aan aluminium in afvalwater in kg in 2005, 2010, 2011 en 2012*

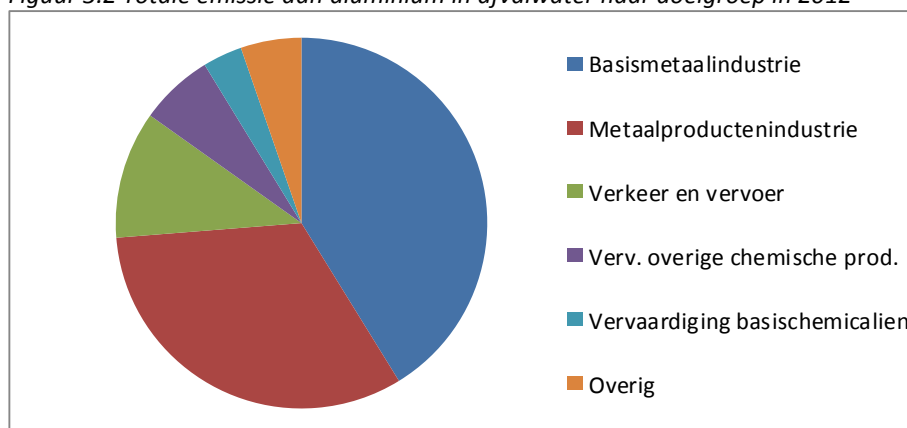


<sup>3</sup> <http://www.aluminiumprijs.eu/aluminium-info.html>

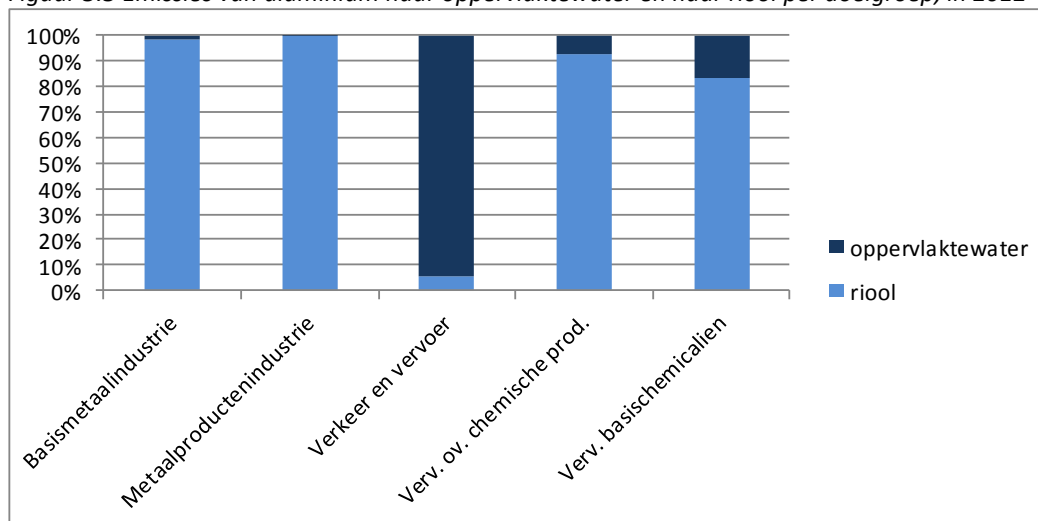
<sup>4</sup> [http://www.aluminiumcentrum.nl/aluminiumcentrum.nl/files/Doc/Aluminium/Milieu-%20en%20ketenbeheer/Recycling\\_van\\_aluminium.PDF](http://www.aluminiumcentrum.nl/aluminiumcentrum.nl/files/Doc/Aluminium/Milieu-%20en%20ketenbeheer/Recycling_van_aluminium.PDF)

<sup>5</sup> <http://www.verenigingafvalbedrijven.nl/afvalmanagement/energie-uit-afval/bodemas-als-grondstof.html>

Figuur 3.2 Totale emissie aan aluminium in afvalwater naar doelgroep in 2012



Figuur 3.3 Emissies van aluminium naar oppervlaktewater en naar riool per doelgroep, in 2012



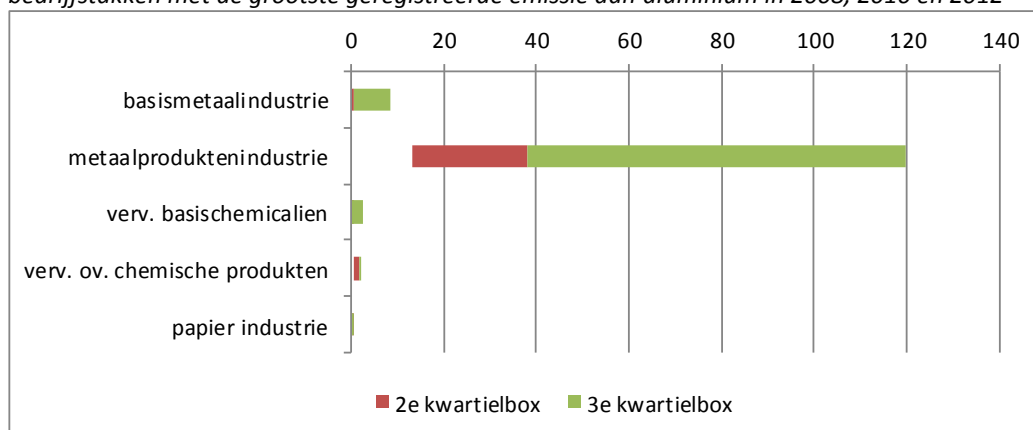
#### Gehaltes aan aluminium in afvalwater bij industriële bedrijven

Bedrijven in de bedrijfstakken B Winning van delfstoffen, C Industrie, D Energievoorziening en E Waterbedrijven & afvalbeheer (SBI2008) hebben met circa 88 procent een groot aandeel in de emissie van aluminium in afvalwater.

Van de bedrijfstakken met de hoogste emissies geeft figuur 3.4 een beeld van de gehaltes aan aluminium in het afvalwater. Hierbij is geen onderscheid gemaakt naar lozing op riool of oppervlaktewater en wel/geen eigen AWZI (afvalwaterzuiveringsinstallatie). Door de grote verschillen in gehaltes tussen bedrijven geven we, na sortering op gehalte, de gehaltes van de middelste helft van de waarnemingen weer: tweede en derde kwartielbox. De mediaan (middelste waarneming) is ook weergegeven en is de overgang van het tweede naar derde kwartiel.

Niet van alle bedrijven zijn de emissies in afvalwater en daarmee de gehaltes bekend. Voor opgave aan de Emissieregistratie geldt voor aluminium geen drempelwaarde. In 2012 is circa 48 procent van de totale emissie aan aluminium waargenomen via individuele registratie door de industriële bedrijven. Er zijn dat jaar 21 bedrijven in de Emissieregistratie bekend met een emissie aan aluminium (tabel 3.1). Over 2008, 2010 en 2012 zijn 67 waarnemingen over de emissie van aluminium in afvalwater bekend. Deze gegevens zijn afkomstig van 25 verschillende industriële bedrijven (tabel 3.2).

Figuur 3.4 Gehalte aan aluminium in afvalwater in mg per liter (alle stromen) voor de industriële bedrijfstakken met de grootste geregistreerde emissie aan aluminium in 2008, 2010 en 2012



Het gehalte aan aluminium in het afvalwater is hoog in de metaalproductenindustrie. In de metaalproductenindustrie loost de helft van de bedrijven in de registratie 13 tot 120 mg Al per liter afvalwater. De mediaan ligt binnen deze bedrijfstak op 38 mg Al per liter en het gemiddelde ligt op 68 mg Al per liter afvalwater. In de basismetaalindustrie is de gemiddelde emissie ook hoog met 50 mg Al per liter, maar wordt dit veroorzaakt door één of enkele bedrijven met een hoge emissie. In de basismetaalindustrie loost de helft van de bedrijven in de registratie 0,4 tot 8,3 mg Al per liter.

De bedrijfstakken basismetaalindustrie en metaalproductenindustrie zijn nader beschreven voor zover er voldoende waarnemingen zijn.

In tabel 3.1 staan het aantal industriële bedrijven en het aantal waarnemingen bij deze bedrijfstakken waarop de emissies van aluminium in afvalwater in 2012 zijn gebaseerd. Voor de gehalten is uitgegaan van de waarnemingen in 2008, 2010 en 2012 en die staan in tabel 3.2.

Tabel 3.1 Waarnemingen van aluminiumemissie in afvalwater door bedrijven in 2012

	Bedrijven in Emissie- registratie	Emissies in afvalwater		
		Totaal	w.v.	
			Waargenomen	Geschat
	<i>aantal</i>	<i>kg</i>	<i>%</i>	
Totaal industrie <sup>1</sup>	21	88 496	54	46
w.o.				
Basismetaalindustrie	6	42 676	31	69
Metaalproductenindustrie	4	33 692	72	28

1) SBI bedrijfstakken B Delfstoffen, C Industrie, D Energievoorziening en E Waterbedrijven & afvalbeheer.

Tabel 3.2 Waarnemingen van aluminiumgehalten in afvalwater door bedrijven in 2008, 2010 en 2012

	Bedrijven in Emissie- registratie	Gerapporteerde waarden	Gehaltes in afvalwater			
			Q1	Q2	Q3	Gemiddelde
	<i>aantal</i>		<i>mg/liter</i>			
Totaal industrie <sup>1</sup>	25	67	0,13	0,65	4,72	>Q3
w.o.						
Basismetaalindustrie	7	19	0,38	0,67	8,31	>Q3
w.o. aluminiumindustrie <sup>2</sup>	5	10	0,59	1,11	20,82	>Q3
Metaalproductenindustrie	5	12	13,13	38,27	119,71	Q2-Q3

1) SBI bedrijfstakken B Delfstoffen, C Industrie, D Energievoorziening en E Waterbedrijven & afvalbeheer.

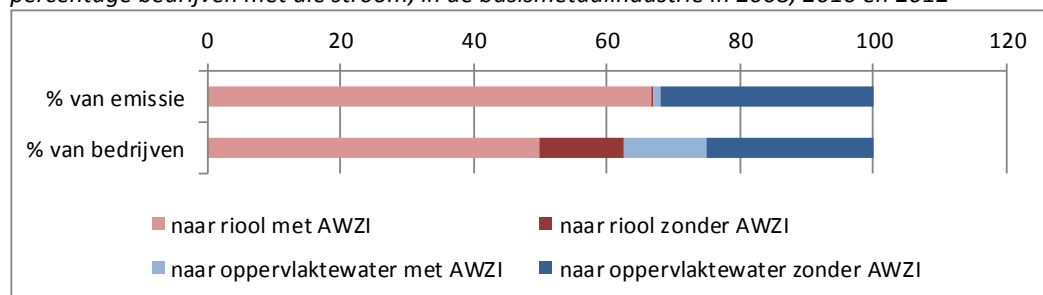
2) SBI 24.42 Vervaardiging van aluminium, in 2010 en 2012.

### Basismetaalindustrie

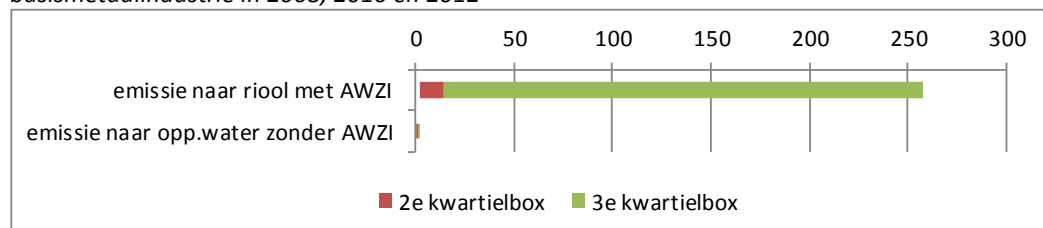
Met een emissie-aandeel van 43 procent (42 676 kg Al) in 2012 heeft de basismetaalindustrie de hoogste aluminiumemissie in water. In de Emissieregistratie is in 2012 naar schatting 31 procent van de emissie in de bedrijfstak basismetaalindustrie waargenomen. Binnen de basismetaalindustrie laten de aluminiumbedrijven met een eigen AWZI die lozen op het riool hoge gehalten aan aluminium zien in de afvalwaterstroom (figuur 3.6). Deze afvalwaterstroom betreft 50 procent van het aantal bedrijven en 67 procent van de totale emissie aan aluminium van de bedrijven in de registratie (figuur 3.5). De meeste bedrijven lozen afvalwater op het riool.

In figuur 3.7 is het Al-gehalte in het afvalwater van de aluminiumbedrijven weergegeven.

Figuur 3.5 Procentuele verdeling van emissiestromen van aluminium in afvalwater met het percentage bedrijven met die stroom, in de basismetaalindustrie in 2008, 2010 en 2012

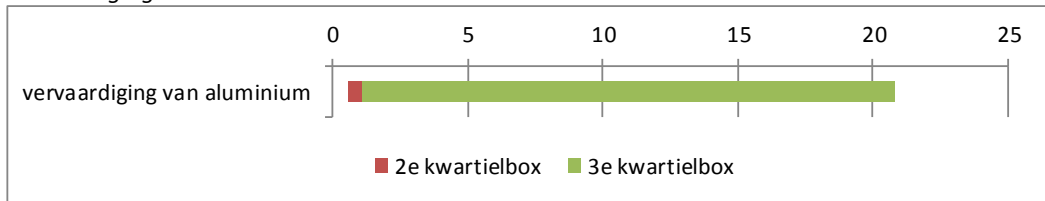


Figuur 3.6 Gehalte aan aluminium in afvalwater in mg per liter per afvalwaterstroom in de basismetaalindustrie in 2008, 2010 en 2012





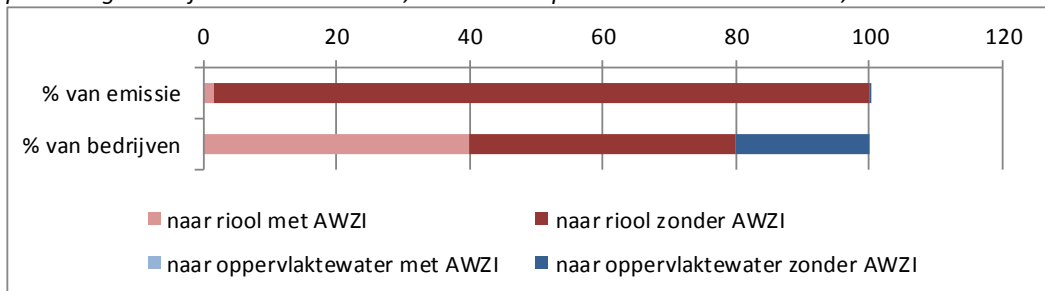
*Figuur 3.7 Gehalte aan aluminium in afvalwater in mg per liter per afvalwaterstroom in de vervaardiging van aluminium in 2010 en 2012*



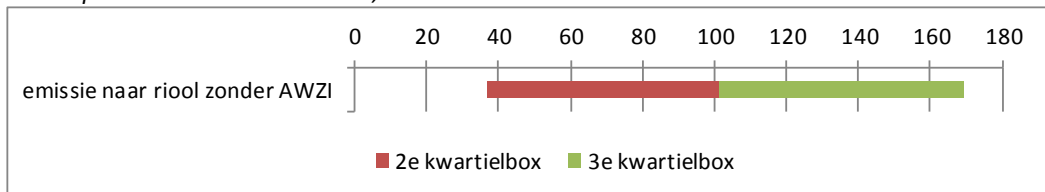
#### *Metaalproductenindustrie*

De metaalproductenindustrie kenmerkt zich door hoge emissiegehalten van aluminium in het afvalwater. In 2012 heeft deze bedrijfsgroep een aandeel van 34 procent (33 690 kg Al) in de totale emissie van aluminium in afvalwater. In figuur 3.9 is te zien dat het gehalte aan aluminium in afvalwater hoog is bij bedrijven zonder eigen AWZI die lozen op het riool. Deze afvalwaterstroom betreft 40 procent van het aantal bedrijven en 98 procent van de totale emissie aan aluminium van de bedrijven in de registratie (figuur 3.8). De meeste bedrijven lozen afvalwater op het riool.

*Figuur 3.8 Procentuele verdeling van emissiestromen van aluminium in afvalwater met het percentage bedrijven met die stroom, in de metaalproductenindustrie in 2008, 2010 en 2012*



*Figuur 3.9 Gehalte aan aluminium in afvalwater in mg per liter per afvalwaterstroom in de metaalproductenindustrie in 2008, 2010 en 2012*



## **4. Aluminium in slib**

Van 3 bedrijven in de mini-enquête zijn 5 waarnemingen bekend over het aluminiumgehalte in het slib. De gehalten liggen tussen de 5 en 13 gram per kg droge stof, met een gemiddelde van 10 gram per kg droge stof (ongewogen naar volume). De waarnemingen zijn van bedrijven in de chemische industrie en in de papierindustrie.

In de slibregistratie zijn geen gegevens bekend over aluminium.

#### *Bij slibverbranders*

In 2012 is 66 procent van het slib van RWZI's verbrand in een slibverbrandings- of afvalverbrandingsinstallatie. Het slib bij SVI Dordrecht en SNB, de twee bedrijven waar CBS gegevens van heeft ontvangen, bevat in 2012 in totaal 2,43 miljoen kg aluminium. In de

verbrandingsas is 2,17 miljoen kg aluminium (89 procent) aanwezig. Gemiddeld over de jaren 2012, 2013 en 2014 is dat 2,50 miljoen kg aluminium in het slib en 2,17 miljoen kg aluminium in de as (87 procent). De verschillen tussen de hoeveelheden in het aangevoerde slib en in de as zijn voornamelijk toe te schrijven aan onnauwkeurigheden in de metingen. De grote hoeveelheden aluminium in het slib worden voor een deel veroorzaakt doordat bij een aantal rioolwaterzuiveringsinstallaties aluminiumzouten worden toegepast om fosfaat op chemische wijze uit het afvalwater te verwijderen. Het onoplosbare aluminiumfosfaat komt dan terecht in het zuiveringsslib.

Het gehalte aan aluminium in de as bedraagt 36 gram per kg ds. Dit is het gewogen gemiddelde gehalte over 2012, 2013 en 2014. Het gehalte in het inkomende slib is onbekend.

## **5. Samenvatting aluminium**

De basismetalaalindustrie en de metaalproductenindustrie zijn de belangrijkste emissiebronnen van aluminium in het afvalwater. Hoge gehalten aan aluminium in het afvalwater zijn aangetroffen in de metaalproductenindustrie en bij bedrijven die aluminium vervaardigen. In de as van slibverbranders worden ook hoge gehalten aan aluminium aangetroffen.