

**Specifieke emissies naar het
oppervlaktewater in het Antwerpse
Havengebied**



Specifieke emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse Havengebied

Nanette van Duijnhoven (Deltares)
Joost van den Roovaart (Deltares)
Nele Desmet (VITO)
Leen Van Esch (VITO)
Piet Seuntjens (VITO)

1203745-000

Titel

Specifieke emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse Havengebied

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen	1203745-000	1203745-000-ZWS-0022	121

Trefwoorden

Kwantificering emissies, diffuse bronnen, havengebied, milieu-informatiesysteem.

Samenvatting

Het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen (GHA) streeft ernaar om een kenniscentrum te zijn voor wat betreft milieu-informatie van het gehele havengebied Antwerpen. Hiertoe wil het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen onder meer een milieu-informatiesysteem (MIS) water uitbouwen. Een belangrijk onderdeel van dit MIS is een emissie-inventaris. Met deze studie wil het Havenbedrijf hiermee van start gaan.

In opdracht van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen hebben Deltares en VITO een inventarisatie uitgevoerd naar de havenspecifieke emissies op het oppervlaktewater in het Antwerps havengebied. De nadruk ligt hierbij op de emissies vanuit diffuse bronnen van PAK's, zware metalen en nutriënten. Daarnaast is er een vergelijking uitgevoerd van alle berekende emissies met de reeds beschikbare gegevens uit de Emissie Inventaris Water (EIW) van de Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM).

Op basis van gegevens uit de Nederlandse EmissieRegistratie, de Vlaamse Emissie Inventaris water en gegevens van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen zijn schattingen gemaakt voor een 16-tal emissiebronnen die vallen onder de activiteiten zeevaart, binnenvaart, spoorwegen, wegverkeer, calamiteiten en waterbouw.

Er is gebleken dat er zeer veel relevante informatie vanuit het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen of vanuit andere betrokken diensten beschikbaar kon worden gesteld voor deze studie. Daardoor konden de emissieschattingen worden uitgevoerd met een regionalisatie op een zeer fijn detailniveau: gridcellen van 50x50m. Dit levert een gedetailleerd beeld op van de locaties van de emissiebronnen en belasting van het oppervlaktewater, wat goede aanknopingspunten geeft voor het formuleren en uitvoeren van gebiedsgerichte maatregelen.

De schattingen zijn gemaakt voor het jaar 2010 en voor een aantal bronnen is ook een prognose opgesteld voor de jaren 2015 en 2020. Deze prognoses geven aan dat voor de meeste sectoren een forse groei kan worden verwacht in de komende jaren.

De schattingsmethodieken zijn per bron in een factsheet beschreven. Deze factsheets zijn als bijlage in het rapport opgenomen. In de factsheets is gedetailleerde informatie opgenomen over de herkomst van de informatie, de wijze van berekening, de betrouwbaarheid van de gegevens en referenties. De achterliggende berekeningen zijn als aparte rekensheets bij dit rapport beschikbaar gesteld.

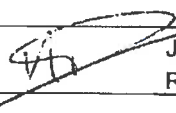


Er is een groot aantal aanbevelingen geformuleerd om de schattingen op termijn nog te kunnen verbeteren.

Titel
Specifieke emissies naar het oppervlaktewater in
het Antwerpse Havengebied

Opdrachtgever Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen
Project 1203745-000
Kenmerk 1203745-000-ZWS-0022
Pagina's 121

referentie

Duijnhoven, N. van, J. van den Roovaart, N. Desmet, L. van Esch, P. Seuntjes, Specifieke emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse Havengebied, Deltares en Vito, december 2012.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	december 2012	Nanette van Duijnhoven		Sacha de Rijk		Gerard Blom	
	januari 2013	Nanette van Duijnhoven		Joost van den Roovaart		Gerard Blom	

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doel	1
1.3 Werkwijze	1
1.3.1 Het opstellen van de factsheets	2
1.3.2 Kwantificering van de emissies	2
1.4 Leeswijzer	3
2 Uitgangspunten	5
2.1 Emissiebronnen	5
2.2 Stoffen	9
2.3 Kalenderjaren	9
2.4 Studiegebied	9
2.5 Niet gekwantificeerde bronnen	10
2.5.1 Ballastwater – binnenvaart en zeevaart	10
2.5.2 Spoelwater – binnenvaart en zeevaart	10
3 Kwantificering emissiebronnen	13
3.1 Beschikbare data	13
3.1.1 Beschikbare gegevens	13
3.1.2 Betrouwbaarheidsindicatie	13
3.1.3 Opwerken tot EF's en EVV's	13
3.2 Polluent vorm	14
3.3 Bruto emissies	15
3.4 Netto emissies	15
3.5 Regionalisatie	17
4 Prognoses	21
5 Resultaten	23
5.1 Tabellen	23
5.1.1 Zware metalen	23
5.1.2 PAK's en minerale olie	24
5.1.3 Nutriënten	24
5.2 Kaarten	24
5.2.1 Zware metalen	27
5.2.2 PAK's en minerale olie	30
5.2.3 Nutriënten	33
5.3 Bruto en netto emissies linker- en rechteroever	34
5.4 Emissiebronnen linker- en rechteroever	35
6 Vergelijking met EIW	37
6.1 Afstemming gebiedsindeling EIW	37
6.1.1 Situering studiegebied	37
6.1.2 Correctiefactoren EIW-totalen per zuiveringsgebied	39
6.2 Overzicht bronnen EIW	41
6.2.1 Belang van de emissiebronnen	41

6.2.2	Spreiding over linker- en rechteroever	50
6.3	Vergelijking tussen bestudeerde bronnen en cijfers EIW	50
6.3.1	Wegverkeer	51
6.3.2	Zeescheepvaart – Uitloging antifouling	54
6.3.3	Binnenscheepvaart	55
6.4	Vergelijking totale hoeveelheid emissies GHA-studie met inschatting EIW	56
7	Conclusies en aanbevelingen	69
7.1	Conclusies	69
7.2	Aanbevelingen	70
7.2.1	Niet gekwantificeerde bronnen	70
7.2.2	Gekwantificeerde bronnen	71
7.2.3	Regionalisatie	74
7.2.4	Vergelijking EIW	74
8	Literatuur	75
 Bijlage(n)		
A	Resultaten bruto en netto emissies in absolute cijfers	A-1
B	Emissiebronnen EIW - absolute emissiecijfers	B-1
C	Emissiebronnen EIW – Procentuele verdeling van de emissies per bron op Linkeroever en Rechteroever	C-1
D	Combinatie van GHA met EIW VMM - Emissies op Linkeroever en Rechteroever	D-1
E	Factsheets	E-1

Zeescheepvaart

- Uitloging van de scheepscoating/antifouling
- Corrosie van anodes

Binnenvaart

- Uitloging van de scheepscoating/antifouling
- Verlies van schroefasvet
- Corrosie van anodes
- Lozing van bilgewater
- Lozing van huishoudelijk afvalwater

Waterbouw

- Onderhoud van waterbouwkundige constructies
- Corrosie van waterbouwkundige constructies
- Corrosie van anodes in de waterbouw

Wegverkeer (inclusief havengebonden voertuigen)

- Lekkage van motorolie
- Slijtage van het wegdek
- Slijtage van banden
- Slijtage van remmen

Spoorverkeer

- Emissies naar riolering (smeerolie verlies)

Calamiteiten

- Calamiteiten op het water

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

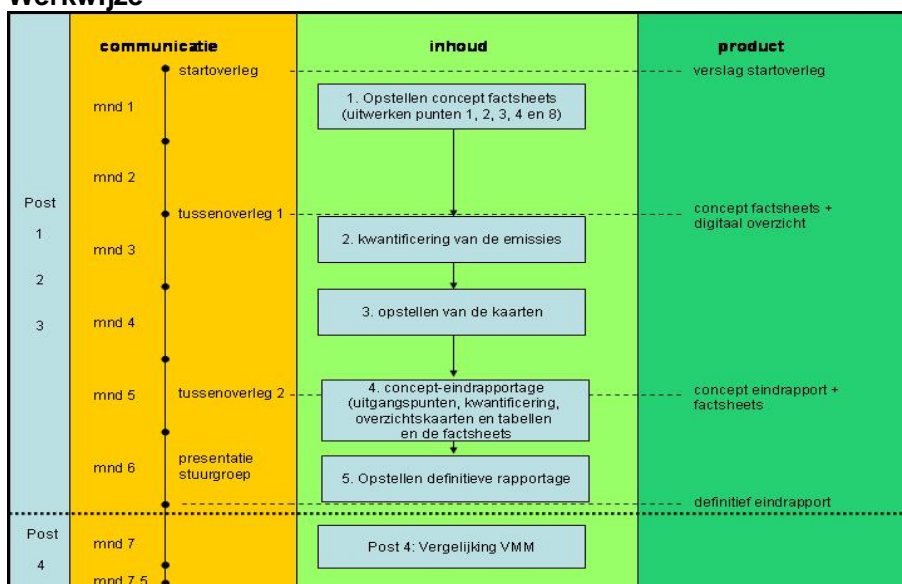
In september 2011 heeft het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen (GHA) aan het Deltares/VITO consortium opdracht gegeven voor de opmaak van factsheets voor de emissies van havenspecifieke activiteiten naar oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied. De nadruk hierbij ligt op de emissies vanuit diffuse bronnen van PAK's, zware metalen en de nutriënten stikstof en fosfor, waarbij de schattingsmethoden zoveel mogelijk aansluiten bij de bestaande factsheets van de Vlaamse Milieumaatschappij en de Nederlandse Emissieregistratie. De bedoeling is om waar mogelijk de bestaande factsheets havenspecifieker te maken en waar mogelijk op onderdelen te verbeteren of te actualiseren, zodat een verbeterde schatting van de emissies voor het havengebied kan worden gemaakt.

De studie is onderdeel van het streven van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen om een kenniscentrum te zijn voor wat betreft milieu-informatie van het gehele havengebied Antwerpen. Hiertoe wil het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen onder meer een milieu-informatiesysteem (MIS) water uitbouwen. Een belangrijk onderdeel van dit MIS is een emissie-inventaris. Met deze studie wil het Havenbedrijf hiermee van start gaan.

1.2 Doel

Het doel van deze studie is het kwantificeren van de emissies van zware metalen, PAK's, nutriënten en minerale olie uit havenspecifieke emissiebronnen naar oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied. Voor dit project is er naar zes activiteiten gekeken: wegverkeer, spoorwegen, binnenvaart, zeevaart, calamiteiten en waterbouw. Per activiteit zijn er verschillende havenspecifieke emissiebronnen onderscheiden waarvoor factsheets zijn opgesteld. Daarnaast is er een vergelijking uitgevoerd van alle berekende emissies met de reeds beschikbare gegevens uit de Emissie Inventaris Water (EIW) van de Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM).

1.3 Werkwijze



Figuur 1.1 Schematische weergave plan van aanpak.

In Figuur 1.1 staat de aanpak van het project schematisch weergegeven. In overleg met de opdrachtgever zijn de termijnen voor de uitvoering van de onderdelen in de loop van het project aangepast. De activiteiten in het project zijn onderverdeeld in een aantal werkstappen, die in de volgende paragrafen kort worden toegelicht.

Het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen heeft een Stuurgroep ingericht als klankbordgroep voor het project. In de Stuurgroep zijn de volgende instanties vertegenwoordigd:

- Alfaport Antwerpen (de federatie van havengebonden en logistieke bedrijven in de haven van Antwerpen);
- NMBS – holding;
- Febetra (Koninklijke Federatie van Belgische Transporteurs & Logistieke Dienstverleners);
- SAV – transport en logistiek Vlaanderen;
- VOKA commissie Binnenvaart;
- Promotie Binnenvaart Vlaanderen;
- Vlaamse Milieu Maatschappij;
- Koninklijke Belgische Redersvereniging.

De Stuurgroep is twee maal bijeen gekomen tijdens het project. Op 3 oktober 2011 heeft een Startoverleg plaatsgevonden en op 28 juni 2012 een tussenoverleg, waarbij de concept-factsheets en de concept-eindrapportage zijn gepresenteerd en besproken. De definitieve factsheets en de eindrapportage worden na de afsluiting van het project door het GHA aan de Stuurgroep gepresenteerd.

1.3.1 Het opstellen van de factsheets

Per havenspecifieke emissiebron wordt één factsheet opgeleverd. Elke factsheet bevat de volgende paragrafen:

- korte omschrijving van de emissiebron
- berekeningwijze van de emissies
- emissieverklarende variabelen/basisgegevens
- emissiefactoren
- geografische lokalisatie
- emissieroutes/bruto-netto-emissie
- referenties
- koppeling van de gegevens aan GIS-data en kwantificering
- betrouwbaarheid en verbeterpunten, voorstellen om tot een betere kwantificering te komen.

De factsheets zijn terug te vinden in bijlage E van dit rapport.

1.3.2 Kwantificering van de emissies

De kwantificering van de emissies kan worden onderverdeeld in een bruto en een netto emissie. De bruto emissie is de omvang van de emissie aan de bron. Voor het genereren van de bruto emissie wordt een eenvoudige vermenigvuldiging toegepast van de Emissiefactor (EF) horend bij die activiteit en de Emissie Verklarende Variabele (EVV).

$$\text{Emissie} = \text{Activiteit (Emissieverklarende Variabele)} \times \text{Emissiefactor}$$

Activiteitendata worden veelal betrokken uit landelijke statistieken en soms zijn er havenspecifieke basisgegevens beschikbaar. Voor de havenspecifieke activiteiten zijn steeds basisgegevens gebruikt van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen. Emissiefactoren

worden doorgaans vastgesteld op basis van metingen, (modelmatige) berekeningen of betrokken uit de (internationale) literatuur.

De netto emissie in dit project is het deel van de bruto belasting dat daadwerkelijk het oppervlaktewater bereikt. In hoofdstuk 3 wordt de kwantificering van de emissies verder uitgewerkt. Met behulp van het ruimtelijke verspreidingspatroon worden de emissies verdeeld over het Antwerpse havengebied.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de uitgangspunten voor deze studie beschreven, hoofdstuk 3 bevat de kwantificering van de emissies, waarna de prognoses voor de diverse activiteiten aan bod komen in hoofdstuk 4. De resultaten van de kwantificering staan beschreven in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 worden de resultaten die in deze studie zijn verkregen vergeleken met de Emissie Inventaris Water (EIW) van de VMM, waarna in hoofdstuk 7 ten slotte conclusies worden getrokken en aanbevelingen worden gedaan voor mogelijke vervolg- of verbeteracties.

2 Uitgangspunten

Binnen deze studie is een aantal keuzes gemaakt. Het gaat om keuzes ten aanzien van de afbakening van de studie voor wat betreft de emissiebronnen, de stoffeselectie, de beschouwde kalenderjaren en het gebied waarvoor de emissies gekwantificeerd worden.

2.1 Emissiebronnen

Het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen heeft voor deze studie de havenspecifieke emissies onderverdeeld in zes activiteiten, waarbij voor elke activiteit een aantal emissiebronnen wordt onderscheiden. Het gaat om de volgende activiteiten met bijbehorende emissiebronnen:

Zeescheepvaart

- Uitloging van de scheepscoating/antifouling
- Corrosie van anodes
- *Lozing van ballastwater uit laadruimte en spoelwater*
- *Lozing van ballastwater uit afgesloten ballasttanks*

Binnenvaart

- Uitloging van de scheepscoating/antifouling
- Verlies van schroefasvet
- Corrosie van anodes
- Lozing van bilgewater
- *Lozing van spoelwater/ballastwater*
- Lozing van sanitair en ander afvalwater

Waterbouw

- Onderhoud van waterbouwkundige constructies
- Corrosie van waterbouwkundige constructies
- Corrosie van anodes in de waterbouw

Wegverkeer (inclusief havengebonden voertuigen)

- Lekkage van motorolie
- Slijtage van het wegdek
- Slijtage van banden
- Slijtage van remmen

Spoorverkeer

- Emissies naar riolering (smeerolie verlies)

Calamiteiten

- Oliecalamiteiten op het water

In Tabel 2.1 staan de percelen met bijbehorende emissiebronnen weergegeven. De cursief gedrukte emissiebronnen worden in deze studie niet gekwantificeerd. In paragraaf 2.5 wordt daar verder op ingegaan.

2.2 Stoffen

Per emissiebron worden verschillende stoffen geëmitteerd. In deze studie zijn op verzoek van de opdrachtgever de emissies gekwantificeerd van 9 metalen, 16 PAK'S, de nutriënten stikstof en fosfor, CZV (Chemisch Zuurstof Verbruik) en minerale olie. Een overzicht van de stoffen per emissiebron is terug te vinden in Tabel 2.1

2.3 Kalenderjaren

De factsheets richten zich op het meest recente kalenderjaar waarvoor gegevens beschikbaar zijn, in dit geval het jaar 2010. Indien relevante data uit 2010 niet voorhanden zijn wordt het meest recente kalenderjaar gebruikt waarvoor wel gegevens beschikbaar zijn. Daarnaast wordt voor de bronnen die behoren bij de activiteiten wegverkeer, spoorverkeer, binnenscheepvaart en zeescheepvaart een prognose gegeven voor de jaren 2015 en 2020. In hoofdstuk 4 wordt de werkwijze beschreven.

2.4 Studiegebied

In figuur 2.1 staat de afbakening van het Antwerpse Havengebied weergegeven. Het studiegebied omvat het zeehavengebied van Antwerpen zoals afgebakend in "het gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan Afbakening zeehavengebied Antwerpen" zoals voorlopig vastgelegd door de Vlaamse Regering op 27 april 2012. Voor dit gebied worden de emissies gekwantificeerd.



Figuur 2.1 Overzicht van het Antwerpse havengebied gebruikt voor deze studie.

2.5 Niet gekwantificeerde bronnen

Niet voor alle emissiebronnen uit Tabel 2.1 kunnen emissies worden geschat in deze studie. Dit geldt voor de bronnen ballastwater en spoelwater voor zowel zeeschepen als binnenvaartschepen (in tabel 2.1 grijs weergegeven). Voor deze bronnen wordt hieronder kort aangegeven wat de reden is van het niet kunnen schatten van de emissies.

2.5.1 Ballastwater – binnenvaart en zeevaart

Betreffende ballastwater is er weinig relevante informatie beschikbaar in verband met de stoffen waarvoor emissies bepaald moeten worden in de huidige studie. De potentieel schadelijke en verstorende effecten van ballastwater houden in hoofdzaak verband met het verplaatsen van organismen, in het bijzonder *aquatische invasieve soorten*.

Vele schepen beschikken over afgesloten ballasttanks waardoor het ingepompte water niet in contact komt met de lading. In het geval ballastwater in tanks of laadruimte gepompt wordt waar nog restanten van milieugevaarlijke stoffen (bijvoorbeeld olie en chemicaliën) aanwezig zijn, is het ballastwater verontreinigd en wordt het als afval beschouwd dat afgegeven moet worden (zie ook spoelwater).

In de haven van Antwerpen mag ballastwater uit speciaal daarvoor bestemde ballasttanks geloosd worden in de havendokken [1]. Daarbij gelden de volgende voorwaarden:

- Bij het uitpompen bij kalm weer mogen er geen visuele sporen worden achtergelaten.
- Aantonen dat tijdens de reis de ballasttanks verscheidene malen werden gespoeld of dat het ballastwater werd behandeld. Deze maatregelen worden getroffen om *aquatische invasieve soorten* zo veel mogelijk te voorkomen.

Voor zeevaart geldt bovendien dat omwille van de *aquatische invasieve soorten* problematiek schepen bij voorkeur ballastwater in open zee dienen te wisselen. In overeenstemming met de aanbevelingen en richtlijnen voor de toekomstige wetgeving in verband met ballastwater valt te verwachten dat de ballastwaterstromen in havens nog verder ingeperkt zullen worden (onder andere de Ballast Water Management Convention).

Om bovenstaande redenen kan aangenomen worden dat de emissies van ballastwater beperkt zijn. Er is daarom in overleg met het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen besloten om voor deze bron geen factsheet op te stellen.

2.5.2 Spoelwater – binnenvaart en zeevaart

In het verdrag inzake de verzameling, afgifte en inname van afval in de Rijn- en binnenvaart (CDNI¹), dat ook door België is geratificeerd, worden nadere regels opgelegd over de lozing van spoelwater van de binnenscheepvaart. Dit spoelwater met ladingrestanten mag enkel geloosd worden van stoffen waarvan in de stoffenlijst (bijlage bij CDNI) uitdrukkelijk bepaald is dat ze mogen worden geloosd.

Volgens de havenreglementering is de lozing van ballast – of spoelwater uit andere tanks dan de ballasttanks in principe verboden. Lozing van ballast- of spoelwater is slechts mogelijk na toestemming van de havenkapitein en als dit water aan bepaalde kwaliteitseisen voldoet (o.a. apolaire koolwaterstoffen max 5 mg/l, geen drijfslagen zichtbaar) [1].

¹ *Convention of the collection, deposit and reception of waste produced during navigation on the Rhine and inland waterways.*

Op basis van deze informatie van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen wordt in deze studie aangenomen dat binnenschepen geen verontreinigd spoelwater lozen in de haven en is besloten om voor deze bron geen factsheet op te maken. Gezien het algemene verbod, zijn alle lozingen van spoelwater in principe te beschouwen als calamiteiten.

3 Kwantificering emissiebronnen

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de benodigde stappen die leiden tot het kwantificeren van de emissiebronnen. Alle werkstappen worden kort toegelicht. De resultaten van de werkstappen staan uitgewerkt in de afzonderlijke factsheets. De factsheets zijn terug te vinden in bijlage E.

3.1 Beschikbare data

3.1.1 Beschikbare gegevens

De eerste stap betreft de dataverzameling voor het bepalen van Emissiefactoren (EF) en de Emissie Verklarende Variabelen (EVV) per activiteit. Voor de EF is met name geput uit de factsheets van de Nederlandse EmissieRegistratie (2011) en de factsheets van de Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM) voor PAK's (2009). Daarnaast is gebruik gemaakt van de factsheets voor de VMM voor zware metalen (2006) en diverse (inter)nationale literatuurstudies. Voor het bepalen van de EVV is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van specifieke informatie aangeleverd door het Gemeentelijk Havenbedrijf. In de afzonderlijke factsheets van de emissiebronnen wordt hier nader op ingegaan.

3.1.2 Betrouwbaarheidsindicatie

De beschikbare informatie is geclassificeerd met een betrouwbaarheidsklasse A tot en met E, zoals dat ook in de factsheets van de Nederlandse EmissieRegistratie wordt gedaan [4]. Op die manier is snel per bron, stof, EF en EVV inzichtelijk wat globaal de betrouwbaarheid van de resultaten zal zijn, waar de zwakke schakels zitten in de berekeningen en aan welke onderdelen van de berekening dus mogelijk prioriteit kan worden gegeven wanneer men de betrouwbaarheid wil verhogen. De volgende classificaties zijn aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

3.1.3 Opwerken tot EF's en EVV's

De beschikbare informatie verkregen uit databases, literatuur, referenties en dergelijke, zijn beoordeeld op betrouwbaarheid en op basis hiervan zijn in deze werkstap de daadwerkelijke EF en EVV bepaald. Voor de EF is dit een analyse van bestaande tabellen en literatuurgegevens, geschikt voor het Antwerpse Havengebied. Voor de EVV's betreft dit in hoofdzaak de beschikbare GIS lagen, zoals die bij het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen beschikbaar zijn.

3.2 Polluent vorm

De emissie van de polluent kan, afhankelijk van de emissiebron, gebonden zijn aan zwevend stof of direct oplossen in het oppervlaktewater. We kunnen hierbij verschillende situaties onderscheiden:

1. Stoffen die vrijkomen bij slijtage, schoonspuiten, corrosie op de kade en indirect in het oppervlaktewater terecht komen via bijvoorbeeld afvoer van regenwater;
 - a. Stoffen die in het water-milieu voornamelijk in opgeloste vorm blijven.
 - b. Stoffen die in het water-milieu voornamelijk hechten aan partikels (sediment)
2. Stoffen die direct in het oppervlaktewater worden geloosd of vrijkomen in het water door corrosie/uitloging.
 - a. Stoffen die in het water-milieu voornamelijk in opgeloste vorm blijven
 - b. Stoffen die in het water-milieu voornamelijk hechten aan partikels (sediment)

Voor de beschouwde emissiebronnen in dit project worden in onderstaande tabel de emissiebronnen ingedeeld in de te onderscheiden stofgroepen. In deze tabel wordt weergegeven in welke vorm de stoffen het oppervlaktewater bereiken, het gaat niet in op het gedrag van de stof in het oppervlaktewater zelf.

Tabel 3.1 De vorm waarin de stoffen per emissiebron worden geëmitteerd.

activiteit	emissiebron	1a	1b	2a	2b
Zeescheepvaart	Uitloging antifouling/coating			x	
	Anodes			x	
Binnenscheepvaart	Coating				x
	Verlies schroefasvet			x	
	Anodes			x	
	Bilgewater				x
Waterbouw	Sanitair en ander afvalwater			x	
	Onderhoud (smeermiddelen)		x		
	Corrosie			x	
	Anodes			x	
Wegverkeer	Lekkage motorolie		x		
	Wegdekslijtage		x		
	Bandenslijtage		x		
	Remslijtage		x		
Spoorverkeer	Emissies naar riolering (smeerolie verlies)		x		
Calamiteiten	Oliecalamiteiten op het water				x

Naast de omvang van de emissies is ook de vorm waarin de stof in het oppervlaktewater terecht komt en het compartiment (water, sediment) waarin de stof accumuleert van belang voor de impact op het milieu en de eventuele toxiciteit voor aanwezige organismen. De stoffen die gehecht aan partikels in het water terechtkomen zullen naar een "evenwicht" streven. De verdeling van een stof tussen opgeloste en vaste fase (sediment) is polluent specifiek en afhankelijk van de eigenschappen van de stof en de vaste fase. Daarnaast speelt ook de aanwezigheid/beschikbaarheid van vaste fase in het water een rol. Stoffen met een grote affiniteit voor de vaste fase die in opgeloste vorm in het water terechtkomen, zullen zich hechten aan partikels aanwezig in de waterkolom en waterbodem. Stoffen die gemakkelijk in oplossing gaan en in het water terechtkomen in vaste vorm, zullen uitlogen en in de waterkolom (opgelost) voorkomen.

De meeste stoffen die vrijkomen bij groep 1 zullen tijdens hun route naar het oppervlaktewater al gebonden worden aan een vaste fase (materiaal, bodempartikels).

3.3 Bruto emissies

De bruto emissie van een stof wordt in deze studie gezien als de emissie aan de bron en wordt berekend door de emissiefactor (EF) te vermenigvuldigen met de overeenkomstige emissieverklarende variabele (EVV). De emissiefactor is stofafhankelijk en wordt uitgedrukt als emissie per eenheid van de EVV per jaar.

$$\text{Emissie} = \text{Emissiefactor (EF)} * \text{Emissieverklarende variabele (EVV)}$$

De emissiefactor (EF) geeft de emissie van een bepaalde stof weer per tijdseenheid en per eenheid van de bron. De emissiefactoren zijn onafhankelijk van de grootte van de emissieverklarende variabele. De EVV is een variabele die per bron is vastgelegd. De emissieverklarende variabele lokaliseert en kwantificeert zo getrouw mogelijk de bron van de emissie. De EVV is berekend gebruikmakend van de beschikbare basisgegevens.

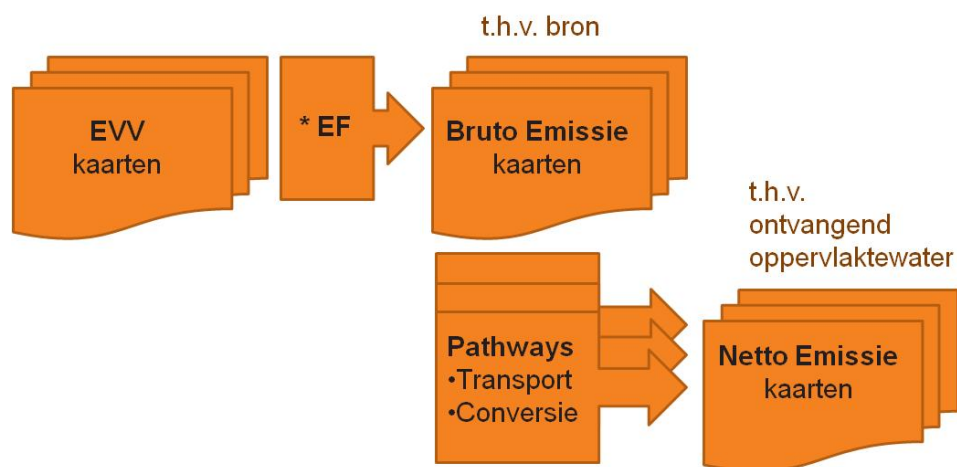
Naar analogie met de EIW van VMM zijn in deze studie enkel emissies naar het compartiment water beschouwd. Emissies naar onder andere de compartimenten lucht en bodem worden niet behandeld. Emissies vanuit andere compartimenten naar het compartiment water worden in principe als bron behandeld. In de voorliggende studie zijn geen emissies vanuit andere compartimenten opgenomen als bron. In de afzonderlijke factsheets van de emissiebronnen zijn per bron de overeenkomstige EVV's en EF's beschreven. Daarbij is verduidelijkt welke basisgegevens en eventuele aannames of extrapolaties gehanteerd zijn bij het tot stand komen van de EVV en EF.

3.4 Netto emissies

De netto emissie is het deel van de bruto emissie, dat uiteindelijk in het oppervlaktewater terechtkomt. De netto emissie wordt berekend op basis van de beschikbare gegevens over de transportroute, het rioolnetwerk en de hemelwaterafvoer. Waar nodig is dit aangevuld met aannames of schattingen over de weg die de geëmitteerde stoffen volgen naar het oppervlaktewater. Voor de toewijzing van emissies aan verschillende transportroutes (naar oppervlaktewater, riolering, bodem en lucht) is gebruik gemaakt van een procentuele verdeling per emissieroute in het stofstroomschema in Figuur 3.1 en de bijhorende coëfficiënten uit de EIW van VMM. De methodiek voor toewijzing van de emissieroutes en berekening van de netto emissie is hieronder beschreven.

De processen/activiteiten die verantwoordelijk zijn voor de emissies worden de stofstromen genoemd. Naargelang het traject dat een stofstroom volgt kunnen verschillende typen stofstromen onderscheiden worden. De stofstroom (emissie) die vertrekt van een bron richting het compartiment water wordt de bruto emissie genoemd. Het deel van de bruto emissie dat uiteindelijk in het oppervlaktewater terechtkomt, wordt de netto emissie genoemd. Indien een emissie rechtstreeks naar het oppervlaktewater plaatsvindt, dan is de bruto emissie gelijk aan de netto emissie (bijvoorbeeld het uitlogen van scheepscoatings). De stofstromen die het 'systeemgebied' verlaten, door bijvoorbeeld te emitteren naar lucht of af te spoelen naar de bodem, worden verwijdering genoemd. In deze studie worden enkel de emissies naar water gekwantificeerd; emissies naar bodem en lucht zijn enkel beschouwd als verliespost.

De schematische weergave van het tot stand komen van de bruto en de netto emissies staat weergegeven in Figuur 3.1.



Figuur 3.1 Schematische weergave van bruto en netto emissies

De route die een emissie aflegt vanaf de bron naar het oppervlaktewater wordt de transportroute genoemd. De voornaamste transportroute van de onderzochte emissiebronnen in het havengebied is 'direct', dat wil zeggen rechtstreeks naar oppervlaktewater. Een groot deel van de beschouwde emissiebronnen bevindt zich immers in het oppervlaktewater. De overige routes relevant voor het havengebied zijn 'indirect, regenwater riool' en 'indirect, afspoeling verhard oppervlak'. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat het netwerk voor regenwaterafvoer in het havengebied overal zonder zuivering uitmondt in oppervlaktewater (dokken of kanaal of Schelde). Tabel 3.2 geeft een overzicht van de emissiebronnen en de transportroutes waarmee de stoffen uiteindelijk in het oppervlaktewater terechtkomen.

Tabel 3.2 Emissiebronnen met aanduiding van de relevante transportstromen

Activiteit	Emissiebronnen	Emissieroutes		
		direct	Indirect, regenwater riool	Indirect, afspoeling verhard oppervlak
Zeescheepvaart	Antifouling / coating	x		
	Anodes op schepen	x		
Binnenscheepvaart	Antifouling / coating	x		
	Verlies schroefasvet	x		
	Anodes op schepen	x		
	Bilgewater	x		
	Sanitair & ander afvalwater	x		
Wegverkeer	Lekkage motorolie		x	x
	Wegdekslijtage		x	x
	Bandenslijtage		x	x
	Remslijtage		x	x
Waterbouw	Corrosie	x		
	Anodes	x		
	Onderhoud	x		
Spoorverkeer	Verlies smeeroilie			x
Calamiteiten	Oliecalamiteiten op het water	x		

In de afzonderlijke factsheets van de emissiebronnen in Bijlage E zijn per bron de verdeling over de relevante transportroutes (met bijhorende coëfficiënten) en de berekeningswijze voor de netto emissies beschreven. Daarbij is verduidelijkt welke basisgegevens en eventuele aannames gehanteerd zijn bij de toewijzing van de emissiestromen. Hierbij is alleen rekening gehouden met de stoffstromen naar oppervlaktewater en het regenwaterriool. Emissies vanuit de emissiebronnen naar lucht en/of bodem zijn voor dit project buiten beschouwing gelaten.

3.5 Regionalisatie

De regionalisatie (geografische spreiding) van de emissiebronnen is gebaseerd op het combineren van databanken en GIS bestanden en geeft aanleiding tot EVV-kaarten, bruto- en netto-emissiekaarten. De EVV-kaarten geven de dichtheid van de bronnen weer en zijn vervolgens met de EF vermenigvuldigd ter constructie van de bruto emissiekaarten. Voor de emissiebronnen die zich niet reeds in het oppervlaktewater bevinden, zijn de bruto emissies ook nog getransporteerd naar de uitlaten waar de vracht in het oppervlaktewater terecht komt (zie verder) ter constructie van de netto emissiekaarten.

Het detailniveau (resolutie) van de beschikbare geografische en statistische informatie (attribuutgegevens) voor de opmaak van de EVV-kaarten verschilt van emissiebron tot emissiebron. De basisgegevens met verschillende resolutie zijn in de regionalisatie vertaald (aggregatie of spreiding) naar verrasterde EVV-kaarten met een resolutie van 50 bij 50 meter. Bij dit detailniveau is het studiegebied (zie 2.4) opgedeeld in ongeveer 50.000 gridcellen van 50 bij 50 meter. De emissies per bron zijn berekend per gridcel en kunnen vervolgens geaggregeerd worden tot het gewenste niveau om de emissies per bron te kwantificeren voor bepaalde geografisch afgelijnde gebieden (bijvoorbeeld per dokzone of linkeroever/recheroever/Schelde). Omwille van de hoge resolutie benadering in de emissieberekening en het opstellen van de emissiekaarten, is de keuze van het aggregatieniveau flexibel. Dit heeft weinig tot geen implicaties op de werkbaarheid en de bijbehorende inspanningen.

Zo zijn de resultaten op gridniveau geaggregeerd in het onderdeel van de vergelijking met de Emissie-inventaris Water (EIW) van de VMM om optimaal aan te sluiten bij de gebiedsindeling die in de EIW gehanteerd is. In de EIW zijn de resultaten beschikbaar op het niveau van de gemeenten, VHA-zones, deelbekkens of zuiveringsgebieden (zie Hoofdstuk 6). Aangezien de zuiveringsgebieden relatief goed samenvallen met het studiegebied, is voor deze gebiedsindeling gekozen. Hierbij zijn de vrachten herschaald omdat de grenzen niet perfect samenvallen. Afhankelijk van het spreidingspatroon van de emissiebron zijn andere herschalingsgegevens gebruikt. Wanneer de VMM in nieuwere versies van de Emissie-inventaris Water (WEISS) met een andere gebiedsindeling gaat werken, dan is de data ook geschikt om in andere geaggregeerde eenheden uit te drukken.

Bij de regionalisatie zijn de emissiebronnen ingedeeld op basis van locatiepatroon (punten, lijnen, vlakken). Daarbij zijn de emissies toegewezen aan puntbronnen, lijnbronnen en/of oppervlaktebronnen. Voor elke bron is op basis van het geografisch type het meest geschikte ruimtelijke algoritme toegepast voor de regionalisatie (EVV-kaart).

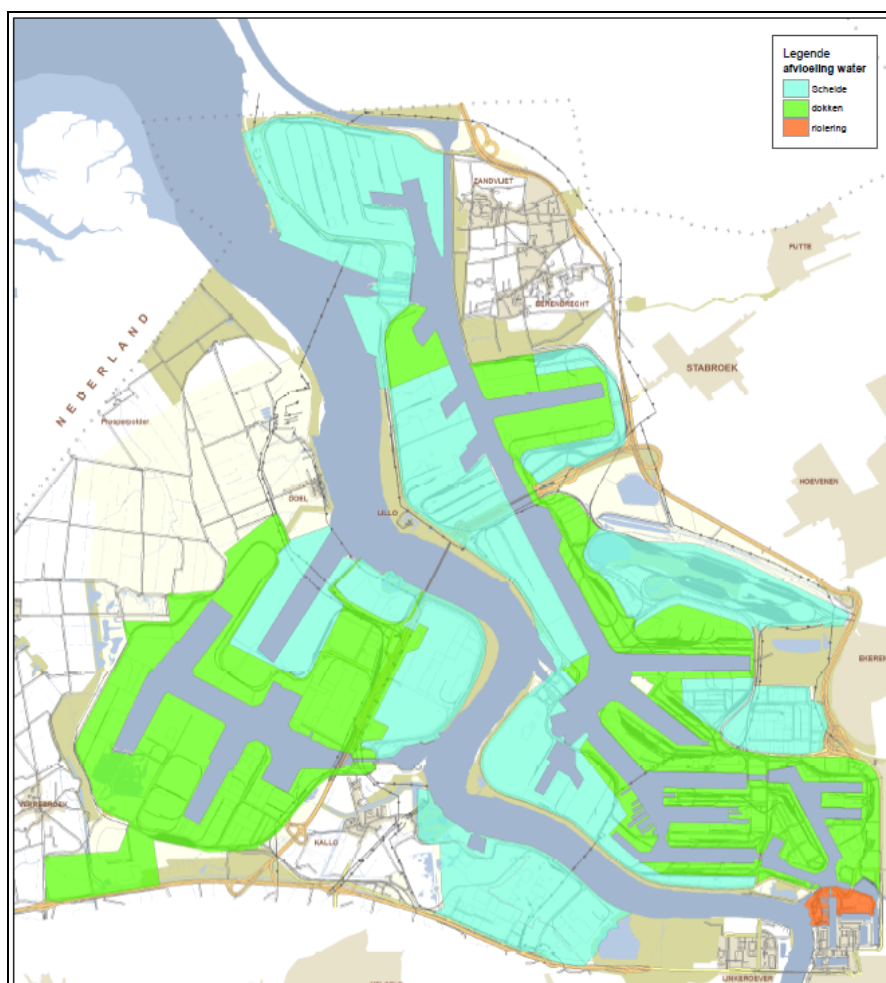
Tabel 3.3 geeft een overzicht van de emissiebronnen en hun ruimtelijk spreidingspatroon (in de dokken, langs de kades (RoRo-terreinen), overig haventerrein, langs de wegen of spoorwegen). In de afzonderlijke factsheets van de emissiebronnen is per bron de geografische lokalisatie in detail beschreven. Daarbij is verduidelijkt welke basisgegevens en eventuele aannames of extrapolaties gehanteerd zijn bij de regionalisatie van de emissies.

Tabel 3.3 Geografische lokalisatie van de emissiebronnen.

Activiteit	Emissiebronnen	Geografische lokalisatie				
		Dokken	Kades	Overig haven terrein	Wegen	Spoorwegen
Zeescheepvaart	Antifouling / coating	x				
	Anodes op schepen	x				
Binnenscheepvaart	Antifouling / coating	x				
	Verlies schroefasvet	x				
	Anodes op schepen	x				
	Bilgewater	x				
Wegverkeer	Lekkage motorolie		x	x	x	
	Wegdekslijtage			x	x	
	Bandenslijtage			x	x	
	Remslijtage			x	x	
Waterbouw	Corrosie	x				
	Anodes	x				
	Onderhoud	x	x	x		
Spoorverkeer	Verlies smeeroilie					x
Calamiteiten	Oliecalamiteiten op het water	x				

Om de vertaling van bruto naar netto emissies goed te kunnen doen voor emissiebronnen gelokaliseerd op het land (wegverkeer en spoorverkeer), is een ruimtelijke analyse uitgevoerd. Voor de ruimtelijke eenheden gelegen op het haven terrein waarvoor de bruto emissies zijn berekend (unieke gebieden van 50x50m), is bepaald waar de vracht uiteindelijk in het oppervlaktewater terechtkomt. Hiervoor is gegeorefererde afvoerdata en expertenkennis afkomstig van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen zo goed mogelijk verwerkt. Zo zijn de rioleringsgegevens gebruikt om lozingspunten in de Schelde en de dokken te lokaliseren. Het gaat om 27 punten in de Schelde en 183 punten in de dokken. De rioleringsgegevens bleken echter niet kwalitatief goed genoeg om de afvoerrichting voor elke zone van het studiegebied te bepalen. Dit heeft geleid tot een pragmatische aanpak.

Figuur 3.2, afkomstig van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen, geeft voor grote zones aan of ze afvloeien naar de Schelde of de dokken. De weergegeven toestand is geactualiseerd voor de blauwe zone rond het Delwaidedok, het Vormingsstation Antwerpen-Noord en de zone Luithagen. In deze drie gebieden wordt het afvalwater ondertussen afgevoerd naar de dokken en is het lozingspunt goed gekend. Deze geactualiseerde kaart is vervolgens gebruikt om voor elk gebied te definiëren of het moet koppelen met een lozingspunt in de Schelde of de dokken. Voor delen van het studiegebied waarvoor de kaart geen gegevens bevatte, is een ruimtelijke extrapolatie uitgevoerd.

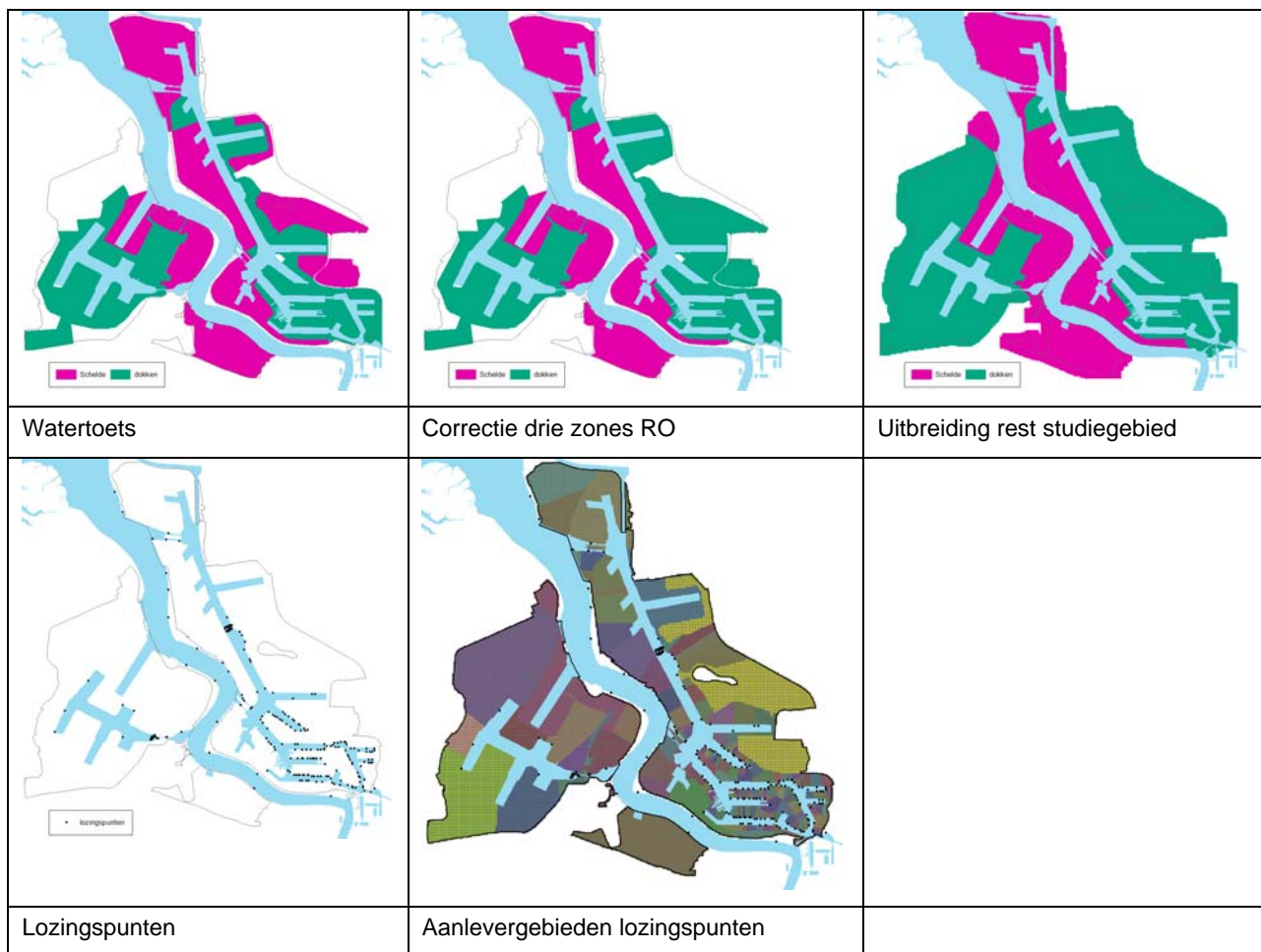


Figuur 3.2 Afvloeiing water in het studiegebied (opgelet: niet meer van toepassing voor een aantal zones op rechteroever)

De ruimtelijke koppeling zorgt voor een link tussen elke zone van het haventerrein en zijn meest logische, nabijgelegen lozingspunt. Nadien is nog gecontroleerd of er geen koppeling heeft plaatsgevonden met lozingspunten gelegen aan de andere kant van het water en indien nodig gecorrigeerd (bijvoorbeeld het meest noordelijke punt van linkeroever ligt in vogelvlucht dicht bij een lozingspunt aan de Schelde langs rechteroever, dit werd gecorrigeerd). Ook zijn lozingspunten gedefinieerd voor de delen van wegen en spoorwegen die zich boven water bevinden (bv. de spoorlijn op de Lillobrug).

Uiteindelijk zijn 210 afwateringszones afgebakend. Emissies van wegverkeer of spoorverkeer die in deze zones zijn gegenereerd, worden voor de netto emissiekaart getransporteerd naar de overeenkomstige lozingspunten in het oppervlaktewater. Het aandeel van de bruto emissies dat getransporteerd wordt naar het oppervlaktewater is afhankelijk van het type bron.

Onderstaande figuur geeft met een aantal kaarten de stappen aan die zijn doorlopen om tot de afbakening van de afwateringszones te komen.



Figuur 3.3 Stappen die doorlopen zijn om tot afbakening van afwateringszones te komen.

4 Prognoses

Dit hoofdstuk beschrijft de gehanteerde prognoses voor 2015 en 2020 voor de Emissie Verklarende Variabele van de activiteiten wegverkeer, spoorverkeer, binnenscheepvaart en zeescheepvaart. De prognoses voor de Emissiefactoren staan in de factsheets vermeld. Deze informatie is gedetailleerder en is om die reden niet in dit hoofdstuk vermeld.

De gehanteerde groeicijfers zijn gebaseerd op de geactualiseerde prognoses (actualisatie 2011) van de Economische Ontwikkelingsstudie (EOS) voor de haven van Antwerpen. De prognoses van de EOS actualisatie 2011 zijn aangeleverd door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.

De EOS studie werd in 2005 opgesteld door het European Centre for Strategic Analysis (ECSA) in het kader van de opstelling van het Strategisch Plan voor de haven. De doelstelling van de studie was het bepalen van de economische positie en de economische effecten en opportuniteiten verbonden aan een verdere ontwikkeling van de haven naar het jaar 2030 toe. Daar de economie sinds 2005 substantieel gewijzigd is, werden de EOS cijfers in 2011 geactualiseerd [2]. Hierbij werd geen loutere extrapolatie van het cijfermateriaal uitgevoerd, maar werden op basis van expertinformatie de meest recente te verwachten ontwikkelingen nagegaan.

De EOS actualisatie van 2011 betreft niet enkel een mathematische bepaling van de prognoses. Er is ook rekening gehouden met de informatie uit gesprekken met diverse havenexperts. Voor de verschillende verschijningsvormen werd op basis van modelinschattingen een basisprognose opgesteld die werd voorgelegd aan de experts. Op basis van hun inschattingen werden deze prognoses dan aangepast. De EOS studie (actualisatie 2011) onderscheidt prognoses voor twee scenario's: scenario hoog en scenario laag. De hoge prognose wordt door ECSA als de meest realistische beschouwd. De actualisering van de maritieme prognoses door ECSA vond plaats in de zomer van 2011.

Intussen (mei 2012) zijn er indicaties dat de economie getemperd wordt en bestaat zelfs de mogelijkheid van een bestending van de crisis. Vandaar dat de resultaten van de actualisering van de maritieme prognoses door ECSA in het juiste perspectief geplaatst moeten worden. Het Havenbedrijf gaat sinds eind maart 2012 uit van het 'combinatiescenario' [3]. Dit scenario gaat uit van een lage groei tot 2013, gevolgd door een hoge groei in de jaren daarna. Voor de berekening van de prognoses in het kader van deze studie worden de scenario's hoog en laag gebruikt.

Voor de factsheets zijn de groeicijfers van de prognose gehanteerd zoals voorgesteld door ECSA in de EOS actualisatie van 2011. Er is geen bijkomende verrekening gemaakt omwille van de opnieuw veranderende economische evolutie in 2012.

De prognoses voor de verschillende vormen van transport zijn weergegeven in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Prognose transport voor 2015 en 2020 ten opzichte van 2010 (in % groei t.o.v. 2010).

transport	Scenario hoog		Scenario laag		Combinatiescenario	
	2015	2020	2015	2020	2015	2020
zeevaart	37%	50%	17%	22%	28%	40%
binnenvaart	41%	60%	21%	31%	29%	43%
wegverkeer	31%	38%	13%	13%	20%	23%
spoorwegen	71%	127%	48%	86%	56%	102%

Er zijn geen prognoses gemaakt voor de waterbouw en oliecalamiteiten omdat de economische ontwikkelingsstudie geen prognoses bevat voor deze activiteiten.

5 Resultaten

In onderstaande paragrafen zijn de bruto en netto emissies uit de factsheets weergegeven voor de stofgroepen zware metalen, PAK's en nutriënten voor het jaar 2010. In paragraaf 5.1 zijn de resultaten per stof en per emissiebron in tabellen weergegeven, in paragraaf 5.2 zijn de bruto en netto emissies per stof in kaarten weergegeven. In de laatste paragraaf is een figuur opgenomen voor de PAK's met daarin de netto emissies voor de linker- en rechter oever.

5.1 Tabellen

In de volgende tabellen zijn de verschillende bronnen met hun relatief belang aangegeven (in percentage bijdrage aan de totale emissie per stof) en de totale emissie per stof. Voor een overzicht van de absolute emissies per emissiebron wordt verwezen naar bijlage A (Tabel A.1 t/m A.4).

5.1.1 Zware metalen

De netto emissies van metalen zijn gelijk aan de bruto emissies, omdat de relevante emissiebronnen zich ofwel reeds in het oppervlaktewater bevinden of ze zijn afkomstig van het wegverkeer, waarbij uiteindelijk 100% van de bruto emissies in het oppervlaktewater terecht komt. De totalen zijn bijgevolg dezelfde, maar de ruimtelijke verdeling van de bruto en netto emissies van wegverkeer is wel in belangrijke mate verschillend (zie kaarten). Tabel 5.1 geeft een overzicht van de emissies van de zware metalen per emissiebron.

Tabel 5.1 Verdeling van de totale bruto en netto emissies van metalen over de bestudeerde emissiebronnen in 2010. De hokjes met de percentages zijn weergegeven in een kleurgradiënt van groen (0%) naar rood (100%), waarbij een absolute 0% in groen is weergegeven en een afgeronde 0% in geel.

Bronnen met bruto en netto emissies metalen	aluminium	arsen	cadmium	choom	koper	kwik	nikkel	lood	zink
Binnenscheepvaart-Anodes	44%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater	0%	53%	27%	0%	0%	86%	1%	3%	0%
Binnenscheepvaart-Schroefasvet	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Waterbouw-Anodes	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Waterbouw-Corrosie	0%	15%	7%	98%	0%	14%	88%	0%	0%
Wegverkeer-Bandenslijtage	0%	25%	51%	1%	0%	0%	10%	38%	13%
Wegverkeer-Lekkage motorolie	0%	6%	2%	0%	0%	0%	0%	2%	0%
Wegverkeer-Remslijtage	0%	0%	8%	0%	3%	0%	0%	57%	0%
Zeescheepvaart-Anodes	56%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	82%
Zeescheepvaart-Coatings	0%	0%	0%	0%	96%	0%	0%	0%	0%
Totaal (in kg)	900	0,5	0,2	84	5594	0,03	60	33	11896

Voor een aantal van de bestudeerde bronnen geldt dat er geen emissies van metalen vrijkomen: binnenscheepvaart (bilgewater en coating), oliecalamiteiten, spoorverkeer², waterbouw (onderhoud) en wegverkeer (wegdekslijtage).

² Er is geen informatie bekend over de metaalgehalten in smeeroilie, zie ook factsheet spoorverkeer – smeeroilie.

In absolute zin zien we dat vooral voor zink, koper en aluminium hoge emissies zijn gekwantificeerd, die vooral worden veroorzaakt door de anodes en coating van de zeescheepvaart.

5.1.2 PAK's en minerale olie

De emissiebronnen spoorverkeer en onderhoud waterbouw zorgen voor verschillende bruto en netto-emissietotalen van PAK's. Voor spoorverkeer wordt ervan uitgegaan dat slechts 5% van de bruto emissies in het oppervlaktewater terechtkomt. Bij de waterbouw wordt bij het onderhoud van de bruggen verondersteld dat slechts de helft van de emissies in het oppervlaktewater terechtkomt. In Tabel 5.2 en Tabel 5.3 wordt een overzicht gegeven van de bruto en de netto emissies van de PAK's en minerale olie per emissiebron.

Voor een aantal van de bestudeerde bronnen geldt dat er geen emissies van PAK's en minerale olie vrijkomen: binnenscheepvaart (anodes), waterbouw (anodes), wegverkeer (remslijtage) en zeescheepvaart (anodes en coating).

De grootste PAK-emissies (zowel bruto als netto) worden veroorzaakt door oliecalamiteiten, coating binnenvaart en bandenslijtage. De grootste emissie van minerale olie is ten gevolge van oliecalamiteiten en lekkage motorolie (wegverkeer).

5.1.3 Nutriënten

De enige emissiebron waarvoor nutriënten zijn gekwantificeerd, is het huishoudelijk afvalwater vanuit de binnenscheepvaart. Aangezien de emissiebron binnenscheepvaart zich reeds in het oppervlaktewater bevindt, zijn de bruto en netto emissies gelijk aan elkaar. In Tabel 5.4 wordt een overzicht gegeven van de emissies van de nutriënten per emissiebron.

Tabel 5.4 Verdeling van de totale bruto en netto emissies van CZV, stikstof en fosfor over de bestudeerde emissiebronnen in 2010.

Bronnen met bruto en netto emissies nutriënten	CZV	N-totaal	P-totaal
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater	100%	100%	100%
Totaal (kg)	50 458	6 606	1 031

5.2 Kaarten

In onderstaande paragrafen zijn de bruto en netto emissies getoond in kaarten voor het Antwerpse Havengebied voor de afzonderlijke metalen, de PAK's, minerale olie en de nutriënten. De kaarten zijn rasterkaarten met een resolutie van 50x50m. In de bruto kaarten is de locatie van de emissiebronnen te herkennen. Voor bronnen die zich op het land voordoen volgen de bruto emissies (al dan niet voor een deel) het pad naar het oppervlaktewater. In de netto kaarten zijn de locaties te zien waar deze stoffen in het oppervlaktewater terechtkomen. Verdere verspreiding in het oppervlaktewater wordt niet in rekening gebracht.

Tabel 5.2 Verdeling van de totale bruto emissies van PAK's en minerale olie over de bestudeerde emissiebronnen in 2010. De hokjes met de percentages zijn weergegeven in een kleurgradiënt van groen (0%) naar rood (100%), waarbij een absolute 0% in groen is weergegeven en een afgeronde 0% in geel.

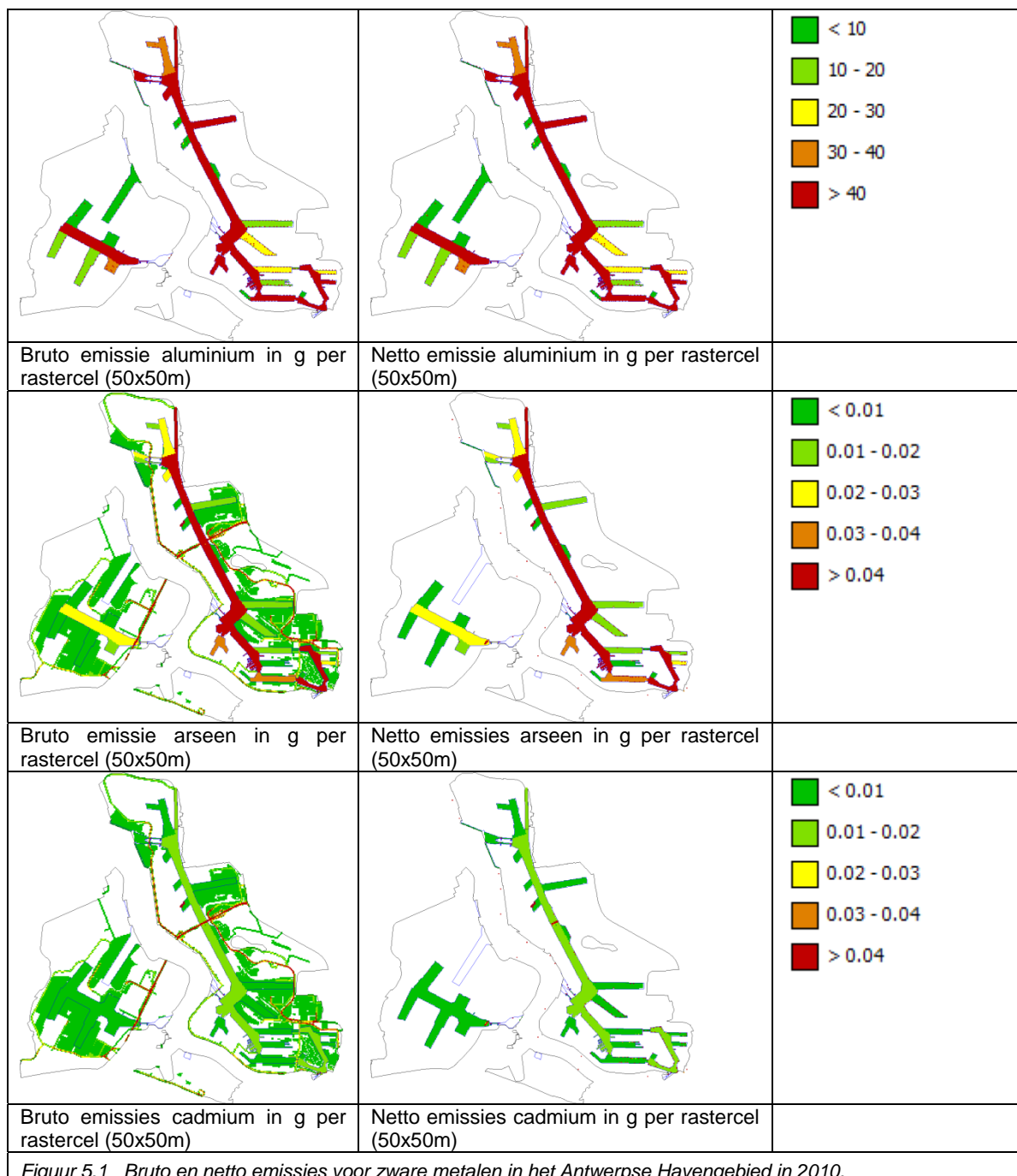
Bronnen met bruto emissies PAK's en minerale olie	acenaftheen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenanthreen	fluorantheen	fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16	Minerale olie
Binnenscheepvaart-Bilgewater	2%	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	1%	2%	0%	1%	1%	1%	1%
Binnenscheepvaart-Coating	8%	7%	14%	36%	47%	32%	18%	26%	13%	73%	4%	11%	8%	89%	15%	16%	15%	0%
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Binnenscheepvaart-Schroefasvet	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%
Oliecalamiteiten	67%	65%	48%	14%	9%	0%	0%	0%	4%	2%	56%	28%	60%	0%	46%	20%	44%	60%
Spoorverkeer-Smeerolie	17%	17%	12%	3%	2%	1%	0%	2%	1%	1%	14%	7%	15%	1%	12%	5%	11%	8%
Waterbouw-Corrosie	3%	2%	8%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	12%	1%	9%	0%	22%	2%	10%	0%
Waterbouw-Onderhoud	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	1%	0%	1%	1%
Wegverkeer-Bandenslijtage	2%	5%	13%	33%	35%	62%	66%	64%	72%	21%	6%	45%	2%	7%	2%	42%	14%	0%
Wegverkeer-Lekkage motorolie	0%	0%	3%	11%	6%	3%	16%	6%	7%	1%	6%	6%	4%	3%	1%	13%	4%	22%
Wegverkeer-Wegdekslijtage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Totaal (kg)	6,7	7,3	2,8	1,3	1,0	1,7	1,8	0,9	2,4	0,7	12,3	3,4	6,8	2,1	21,2	3,5	76,1	14057

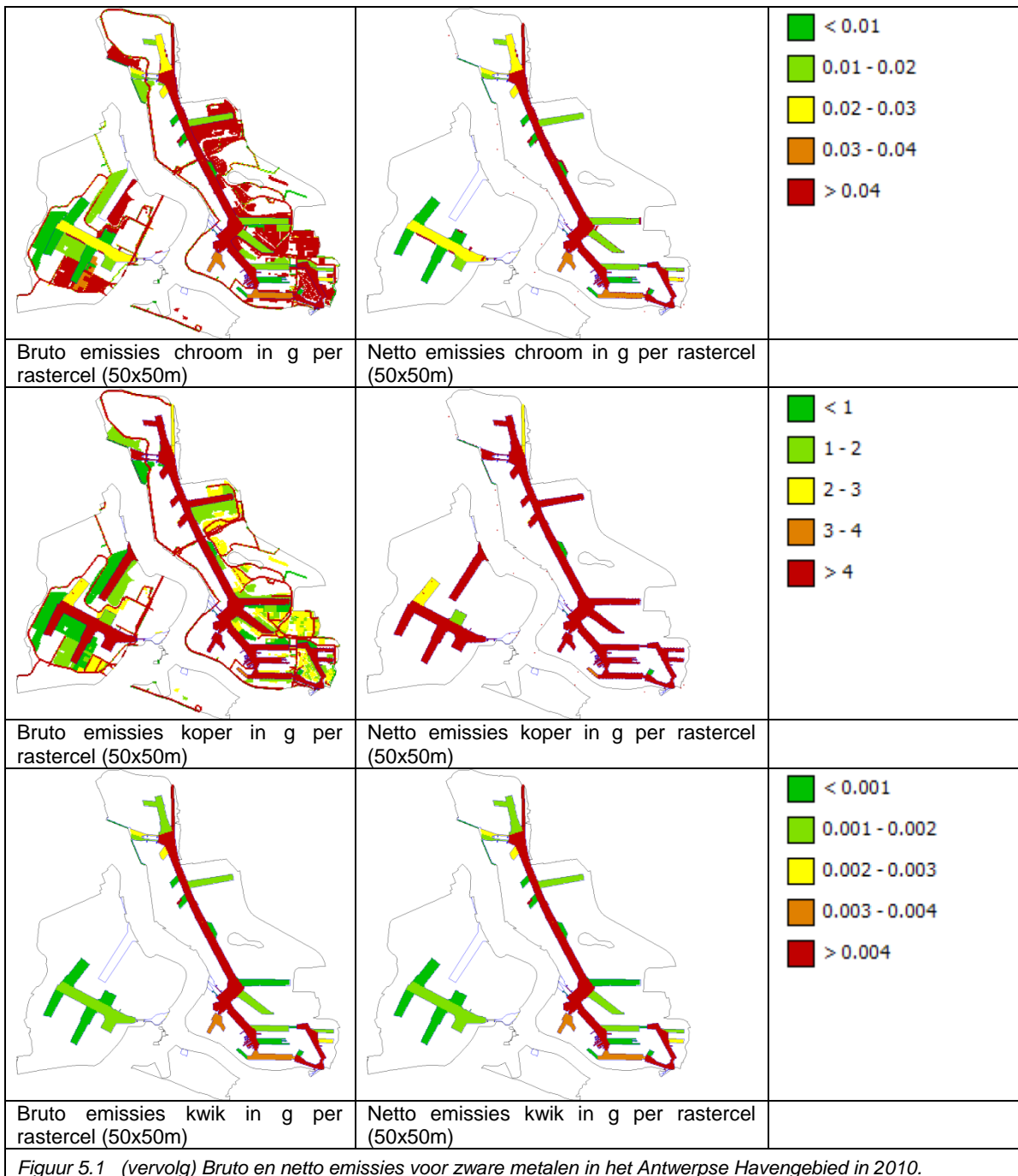
Tabel 5.3 Verdeling van de totale netto emissies van PAK's en minerale olie over de bestudeerde emissiebronnen in 2010. De hokjes met de percentages zijn weergegeven in een kleurgradiënt van groen (0%) naar rood (100%), waarbij een absolute 0% in groen is weergegeven en een afgeronde 0% in geel.

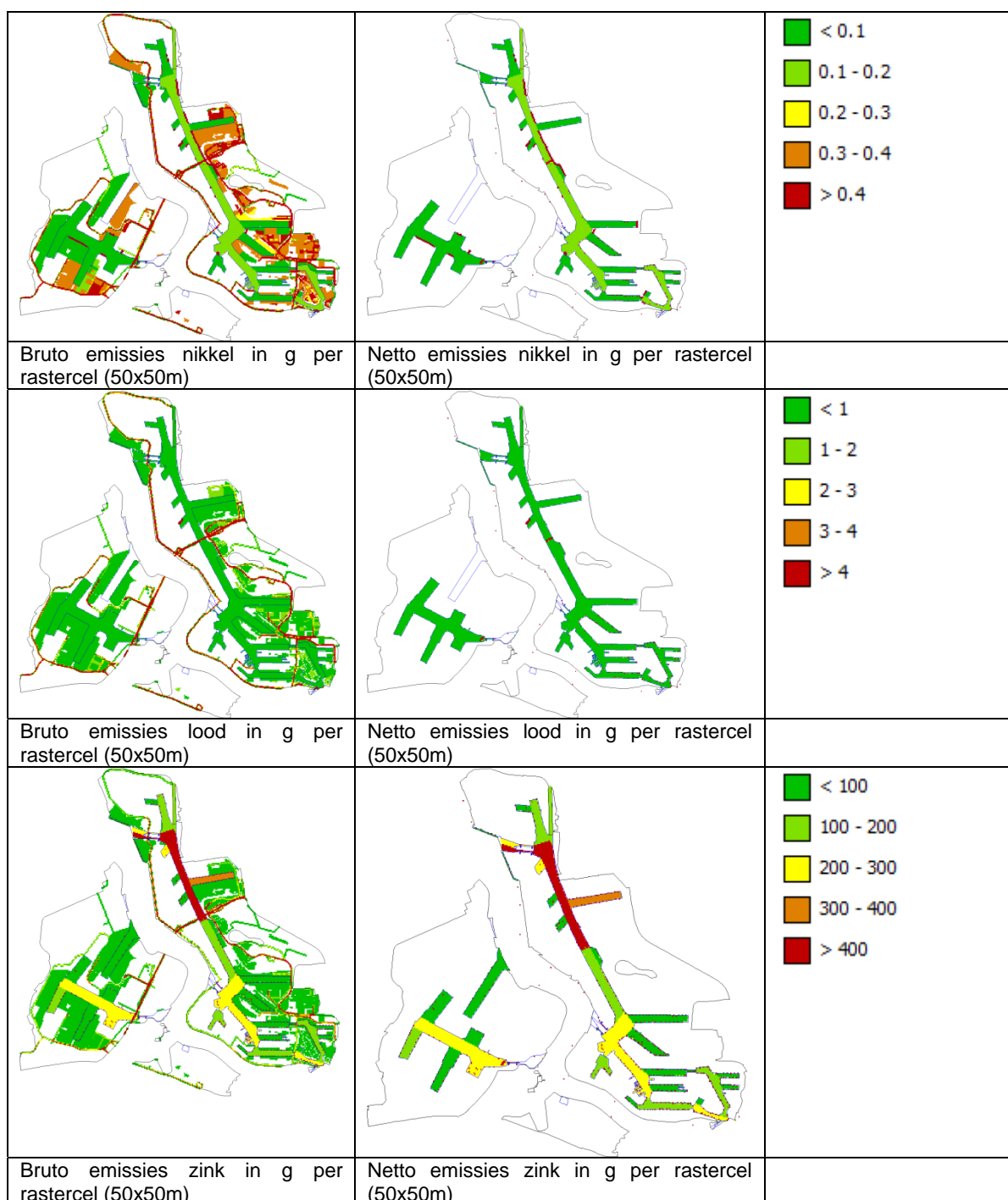
Bronnen met netto emissies PAK's en minerale olie	acenaftheen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluoranthreen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluoranthreen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenanthreen	fluoranthreen	fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	nafthaleen	pyreen	PAK16	Minerale olie
Binnenscheepvaart-Bilgewater	2%	2%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	1%	2%	0%	1%	1%	1%	1%
Binnenscheepvaart-Coating	10%	9%	16%	38%	48%	33%	18%	27%	13%	74%	4%	12%	9%	90%	17%	16%	17%	0%
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Binnenscheepvaart-Schroefasvet	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9%
Oliecalamiteiten	80%	78%	54%	14%	9%	0%	0%	0%	4%	2%	64%	30%	70%	0%	52%	21%	49%	65%
Spoorverkeer-Smeerolie	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	1%	0%	1%	0%
Waterbouw-Corrosie	3%	3%	9%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	14%	1%	10%	0%	25%	2%	11%	0%
Waterbouw-Onderhoud	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	1%	0%	1%	0%
Wegverkeer-Bandenslijtage	2%	6%	14%	34%	36%	63%	66%	65%	73%	21%	7%	49%	2%	7%	2%	45%	16%	0%
Wegverkeer-Lekkage motorolie	0%	0%	3%	11%	6%	4%	16%	6%	7%	1%	7%	7%	4%	3%	1%	14%	4%	24%
Wegverkeer-Wegdekslijtage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Totaal (kg)	5,6	6,1	2,5	1,3	1,0	1,7	1,8	0,9	2,3	0,7	10,7	3,1	5,8	2,1	18,8	3,3	67,7	12935

5.2.1 Zware metalen

In Figuur 5.1 zijn de bruto en netto emissies weergegeven van de zware metalen.



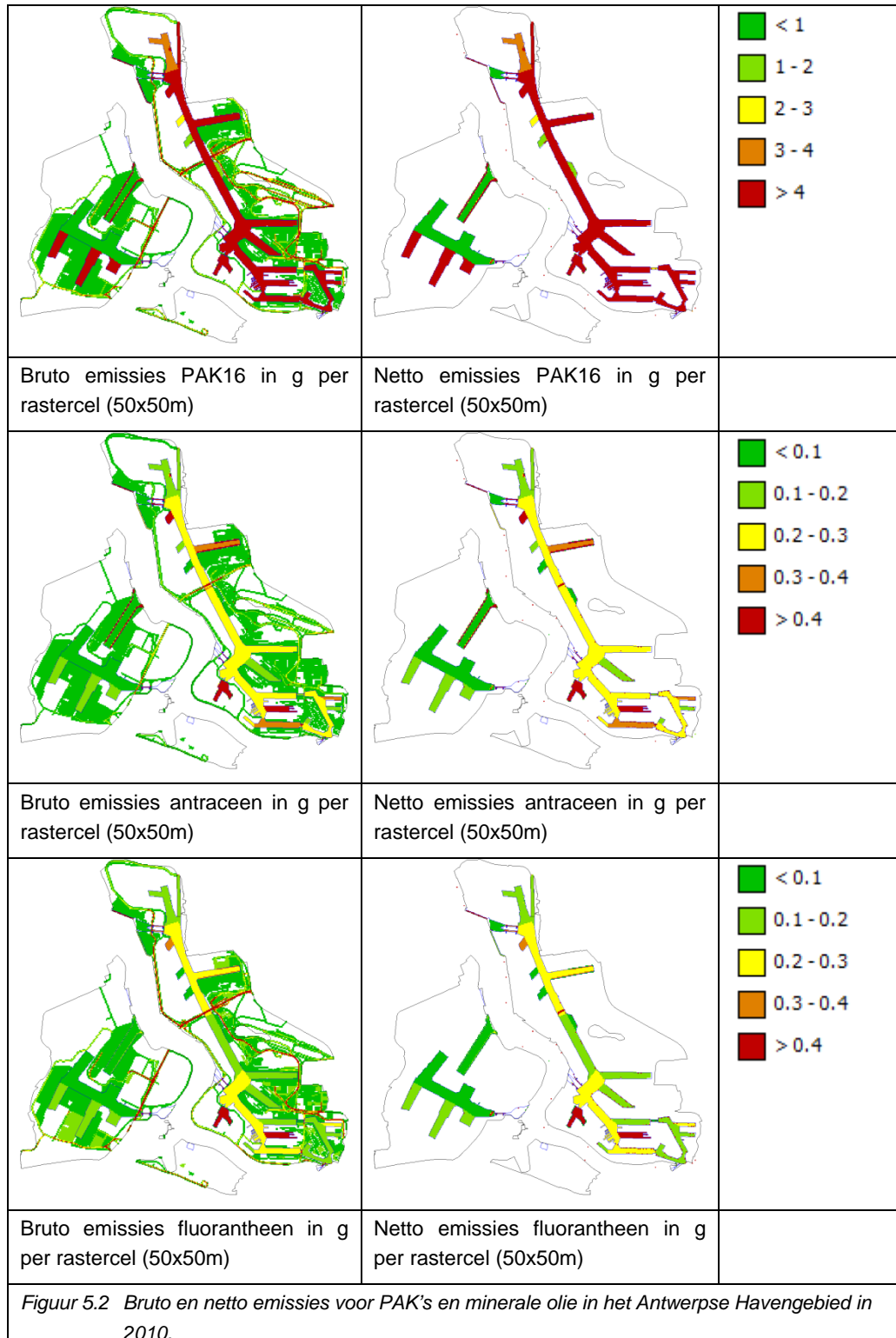


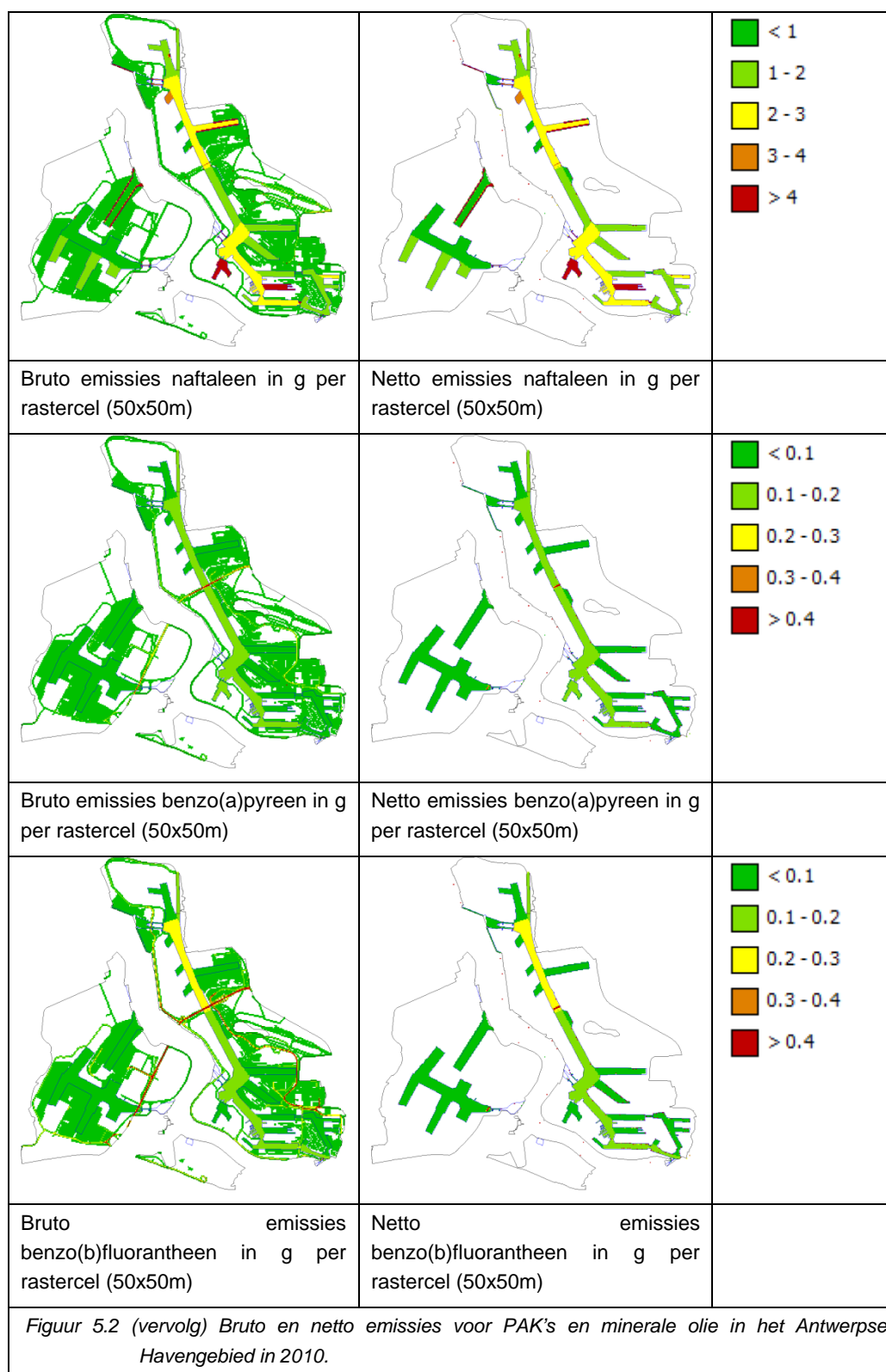


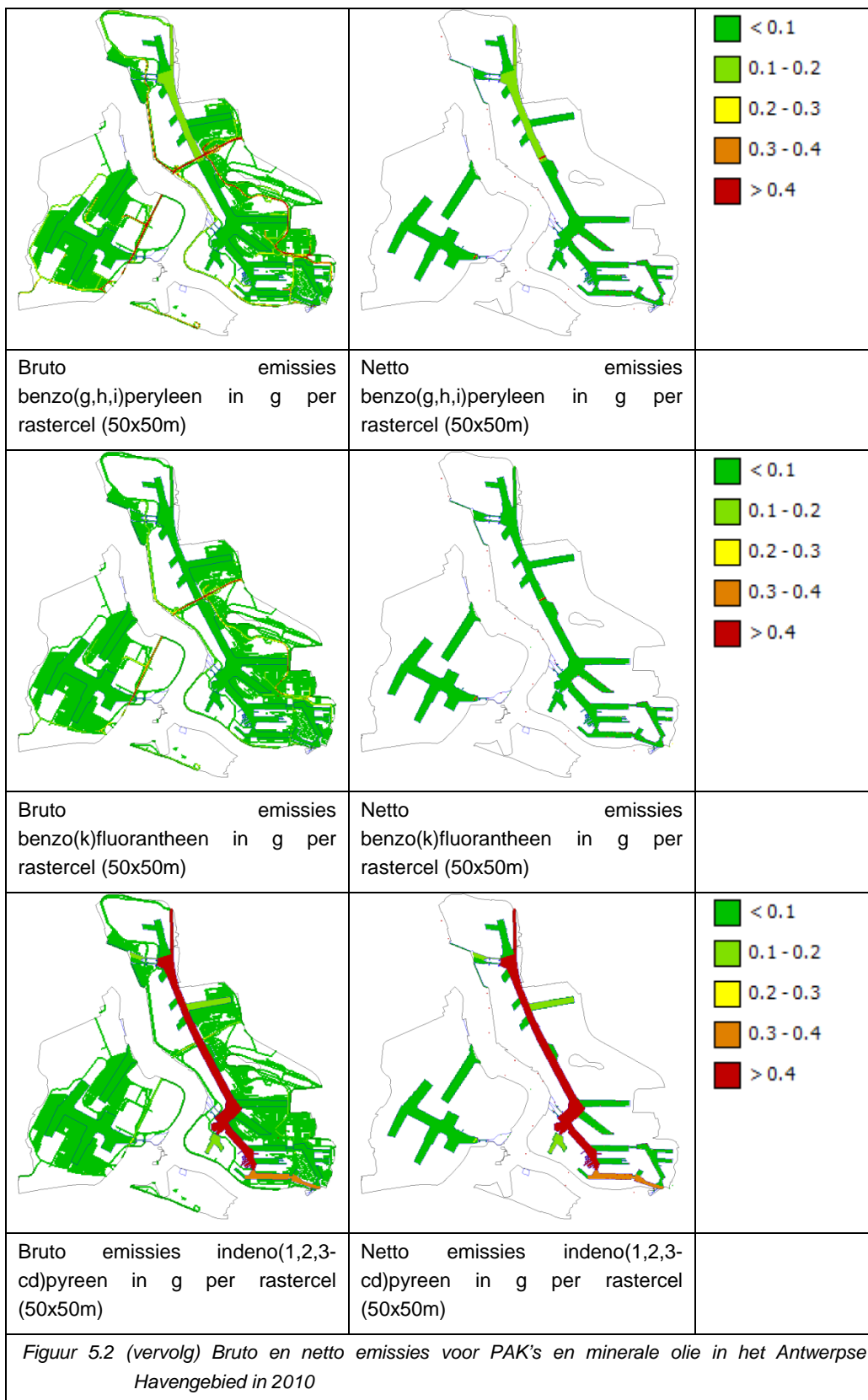
Figuur 5.1 (vervolg) Bruto en netto emissies voor zware metalen in het Antwerpse Havengebied in 2010.

5.2.2 PAK's en minerale olie

In Figuur 5.2 zijn de bruto en netto emissies weergegeven van de PAK16, een selectie van de individuele PAK's en van minerale olie.







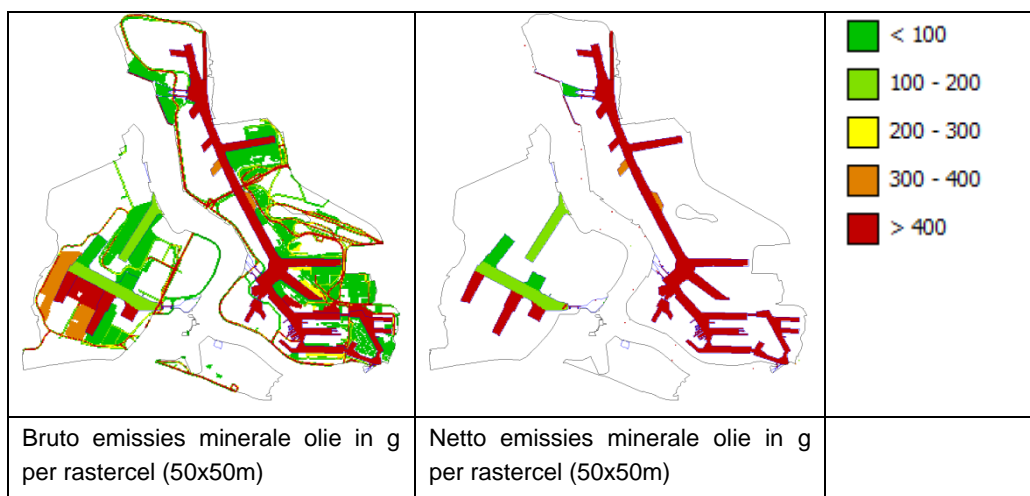
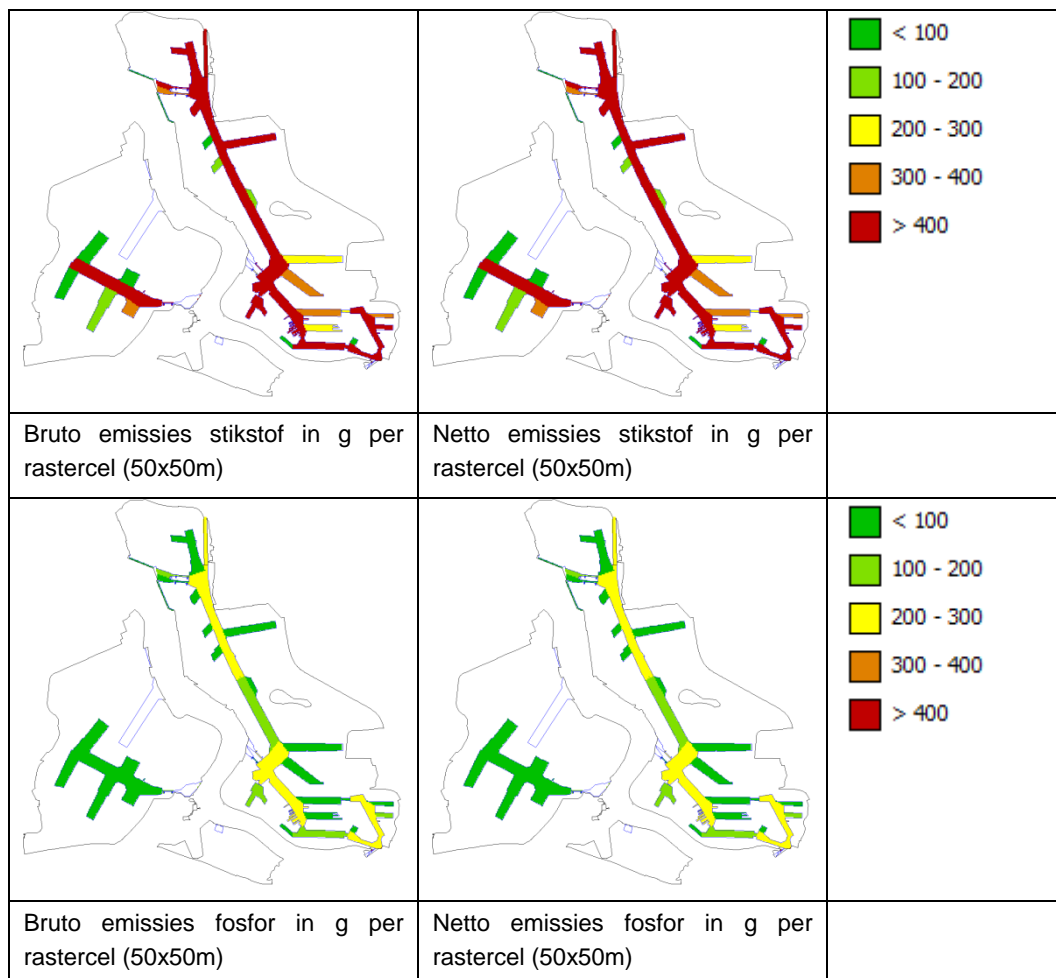
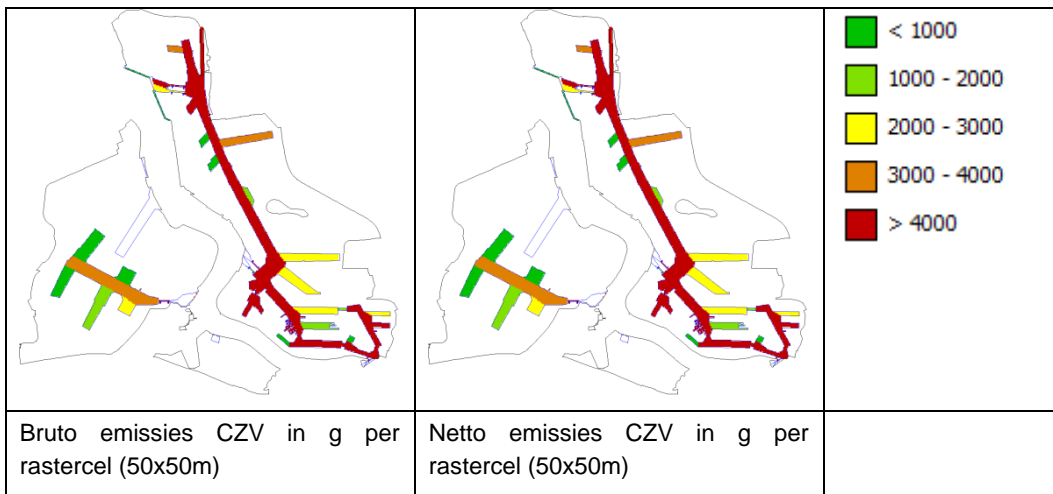


Figure 5.2 (vervolg) Bruto en netto emissies voor PAK's en minerale olie in het Antwerpse Havengebied in 2010.

5.2.3 Nutriënten

In Figuur 5.3 zijn de bruto en netto emissies weergegeven van de nutriënten totaal-N, totaal-P en CZV.



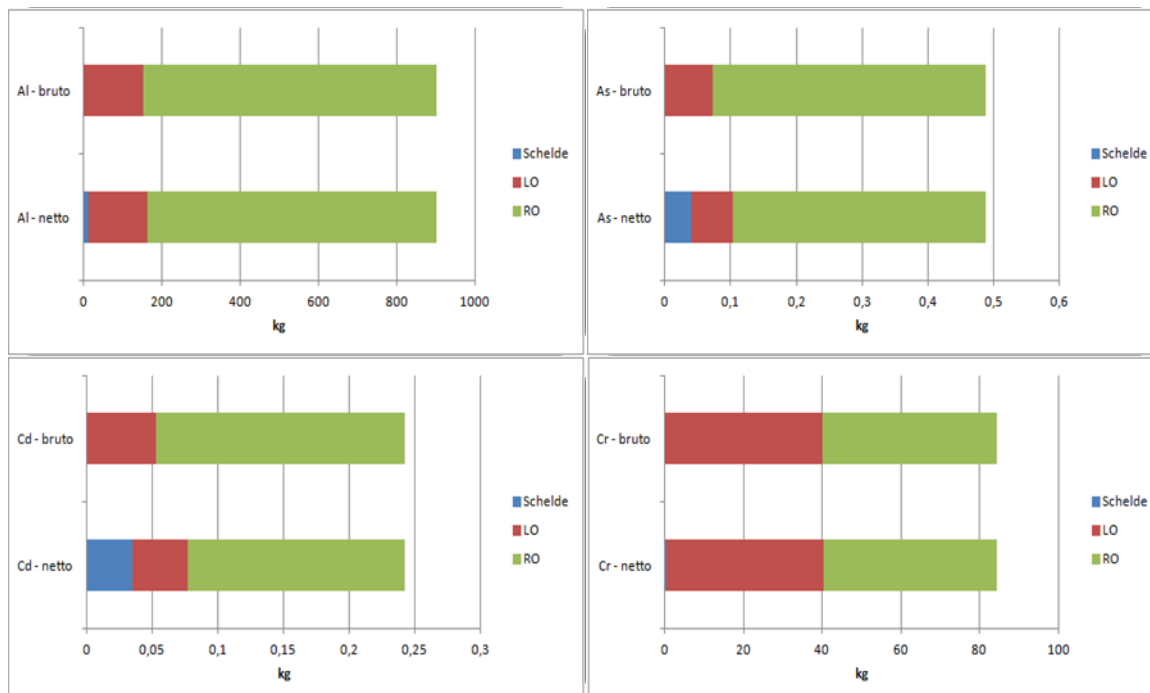


Figuur 5.3 Bruto en netto emissies voor nutriënten in het Antwerpse Havengebied in 2010.

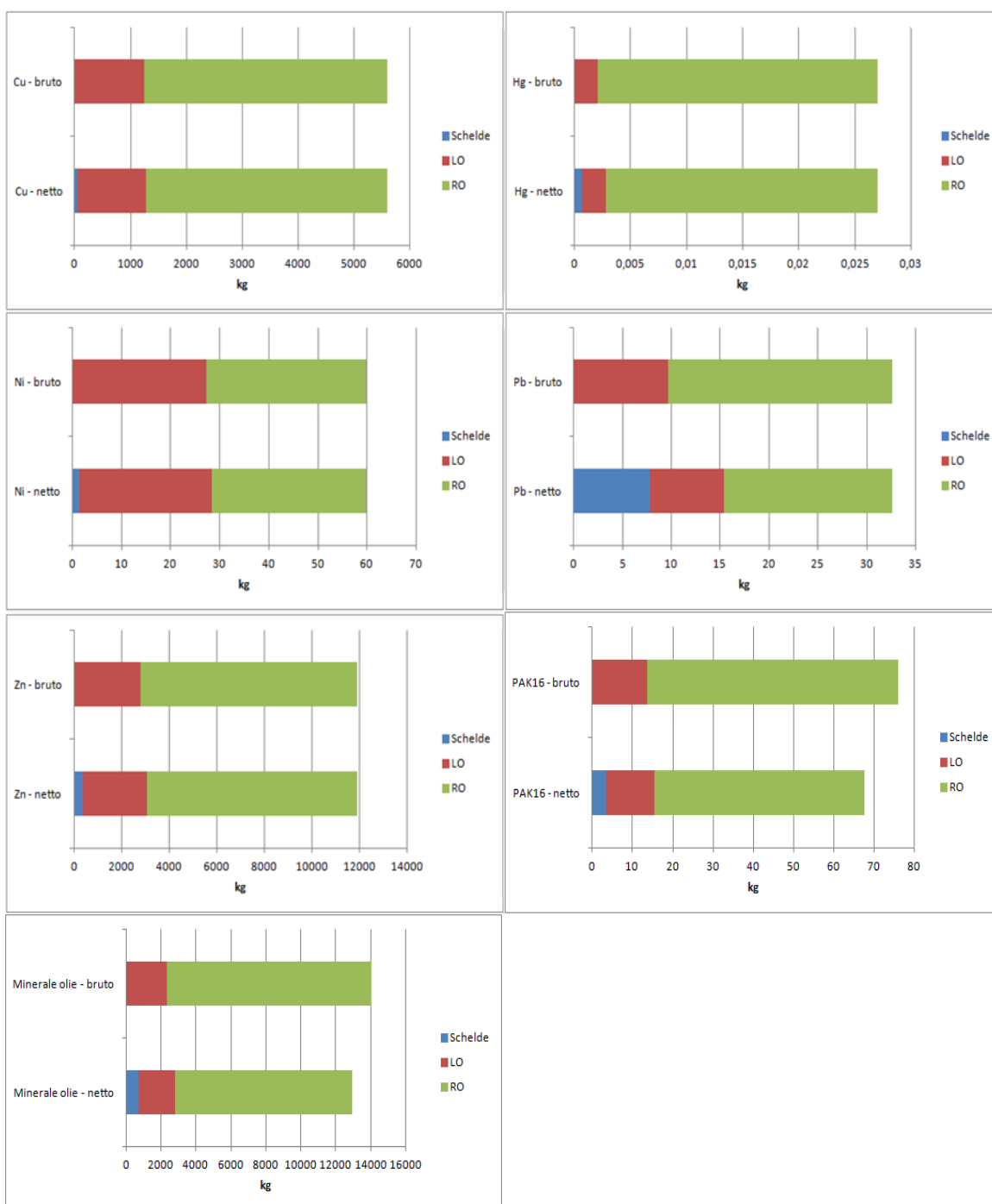
5.3 Bruto en netto emissies linker- en rechteroever

Onderstaande staafdiagrammen in Figuur 5.4 geven per stof (de zware metalen, PAK16, minerale olie en de verschillende nutriënten) de verdeling over linkeroever (LO) en de rechteroever (RO) weer van de bruto en de netto emissies. Met 'buiten' worden de emissies naar de Schelde bedoeld. Deze omvatten enkel de indirecte emissies ten gevolge van afwatering van gebieden op linkeroever of rechteroever naar de Schelde.

Voor alle stoffen zien we dat het grootste deel van de emissies (zowel bruto als netto) is gelokaliseerd op de rechteroever. Voor enkele metalen (cadmium en lood) gaat een substantieel deel van de netto emissies naar de Schelde.



Figuur 5.4 Bruto en netto emissies voor zware metalen, PAK16 en nutriënten in het Antwerpse Havengebied in 2010, waarbij onderscheid wordt gemaakt in het de linkeroever, rechteroever en het buitengebied.



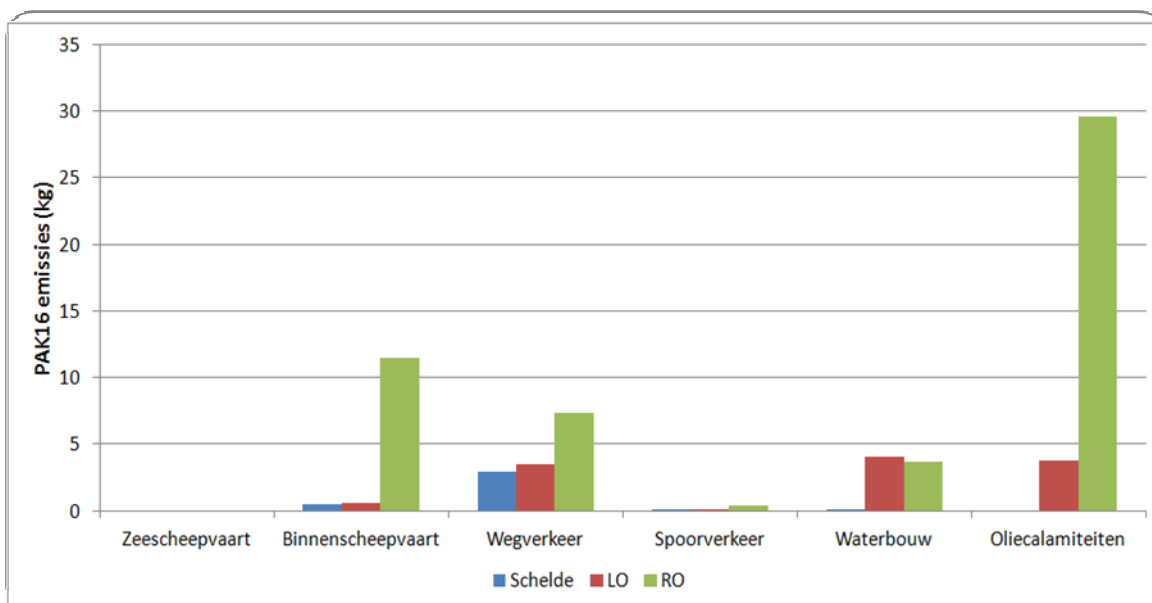
Figuur 5.4 (vervolg) Bruto en netto emissies voor zware metalen, PAK16 en nutriënten in het Antwerpse Havengebied in 2010, waarbij onderscheid wordt gemaakt in het de linkeroever, rechteroever en het buitengebied.

5.4 Emissiebronnen linker- en rechteroever

Voor de PAK is er naast de kaarten uit paragraaf 5.2.2 (Figuur 5.2) en de grafiek uit paragraaf 5.3 (Figuur 5.4) ook een figuur gemaakt met daarin de netto emissies uitgesplitst over de verschillende emissiebronnen voor de linker en de rechteroever.

De weergegeven emissies naar de Schelde in Figuur 5.5, omvatten net zoals in bovenstaande staafdiagrammen enkel de indirecte emissies ten gevolge van afwatering van gebieden op linkeroever of rechteroever naar de Schelde. Directe emissie in de Schelde zijn niet meegerekend omdat de Schelde geen deel uitmaakt van het studiegebied.

Figuur 5.5. laat zien dat de meeste PAK-emissies zijn geconcentreerd op de rechteroever, behalve voor de emissies vanuit de waterbouw. In absolute zin zijn de oliecalamiteiten, de waterbouw en in mindere mate het wegverkeer de belangrijkste bronnen van PAK's. Alleen voor het wegverkeer zien we dat een relevant deel van de emissies in de Schelde terecht komt.



Figuur 5.5 PAK emissies per activiteit gesommeerd voor linkeroever, rechteroever en Schelde in 2010.

6 Vergelijking met EIW

In dit onderdeel wordt een vergelijkende studie gemaakt met de Emissie-Inventaris Water (EIW) van de Vlaamse MilieuMaatschappij. Dit is opgevat in twee grote delen: een overzicht van alle bronnen, zowel de punt- als de diffuse bronnen uit de EIW die in het studiegebied aanwezig zijn en daarnaast een vergelijking tussen de bronnen die door VMM en in deze studie van GHA in beeld werden gebracht.

De eerste EIW voor zware metalen werd in 2005 gerealiseerd door Syncera water B.V. als een boekhoudkundig systeem van pollutanten afkomstig van een grote reeks bronnen. Nadien volgde ook een inventaris voor de PAK's. Het is een MS Excel/Visual Basic toepassing dat puntbronnen en diffuse bronnen integreert en het pad van bron naar oppervlaktewater eveneens kwantificeert. De EIW bevat een grote hoeveelheid emissiebronnen en vermoedelijk al de belangrijkste bronnen in Vlaanderen, maar is zeker niet volledig. Jaarlijks worden nieuwe studies uitgevoerd om nieuwe bronnen in kaart te brengen [5,6,7].

Emissiebronnen worden in de EIW gelokaliseerd in zogenaamde KGE-eenheden, wat unieke combinaties zijn van gemeenten, VHA-zones, deelbekkens en zuiveringsgebieden. De resultaten zijn dan ook bevroegbaar voor deze vier gebiedsindelingen. Er wordt gewerkt met de meest recente EIW-databanken: EIW2006e_01_2005_EN.xls voor zware metalen en EIW2006f_08_2006_PAK_EN.xls voor PAK's [8].

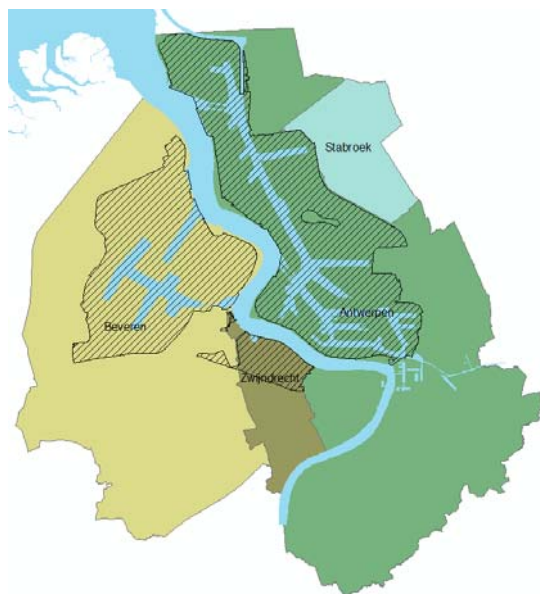
Momenteel wordt bij de VMM een nieuwe emissie-inventaris ontwikkeld, WEISS genaamd. WEISS staat voor Water Emission Inventory Planning Support System en verschilt in de eerste plaats van de oude EIW in de ruimtelijke resolutie waarmee de berekeningen plaatsvinden. Voor de Vlaamse situatie zullen de resultaten beschikbaar zijn op een rasterresolutie van 1 ha. Dit zal in de toekomst een veel betere afstemming met de resultaten van deze studie toelaten. De 50x50m rastercellen waarop de berekeningen hebben plaatsgevonden zijn immers perfect in te passen in het 100x100m rooster van WEISS.

6.1 Afstemming gebiedsindeling EIW

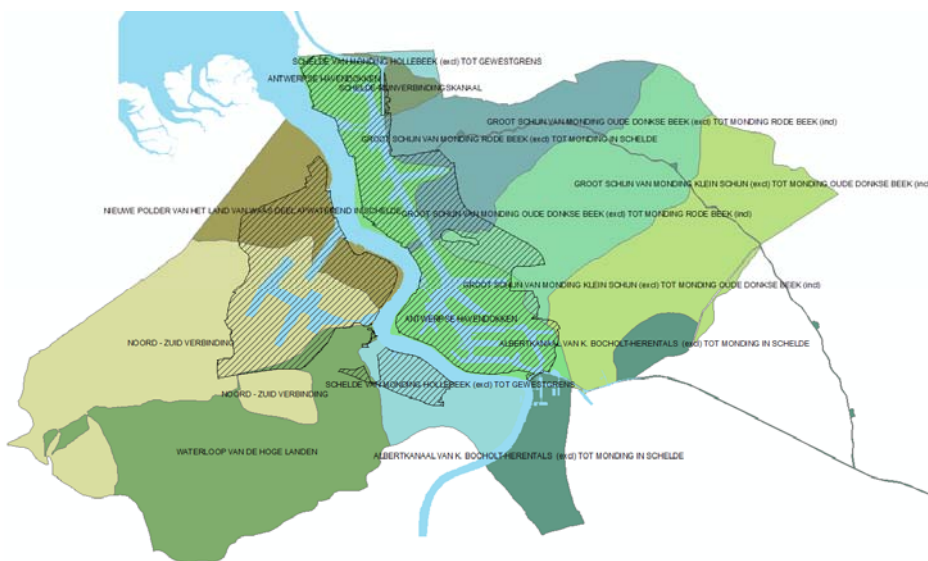
6.1.1 Situering studiegebied

Het studiegebied overlapt met 4 gemeenten, 10 VHA-zones, 3 deelbekkens en 9 zuiveringsgebieden, zie de Figuren 6.1 tot en met 6.4.

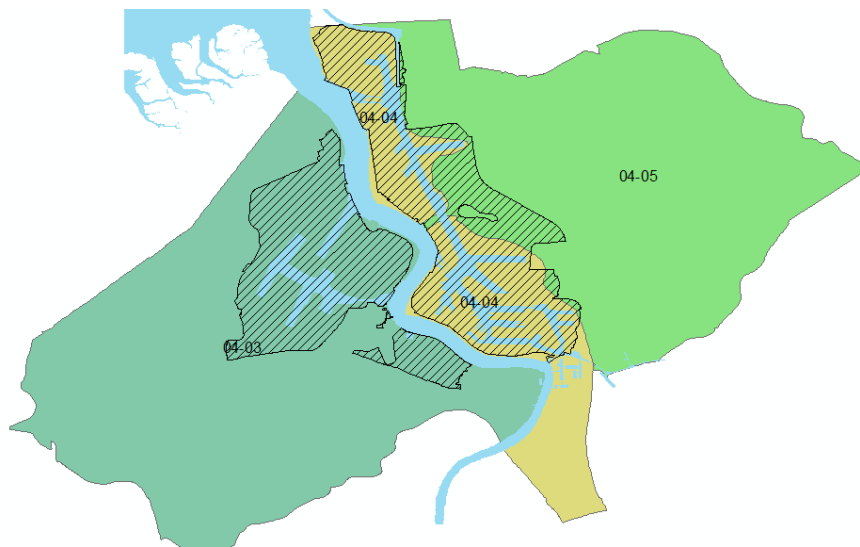
Er werd voor gekozen om te werken met de indeling van de zuiveringsgebieden, omdat hier drie zones konden geselecteerd worden die relatief goed samenvallen met de grenzen van het studiegebied: Antwerpse haven rechteroever (RO), Doel en Kallo. De totalen voor deze drie zuiveringsgebieden die in de EIW berekend worden, worden afhankelijk van de bron, wel nog herschaald aangezien het studiegebied respectievelijk maar 78%, 63% en 59% van deze zuiveringsgebieden inneemt.



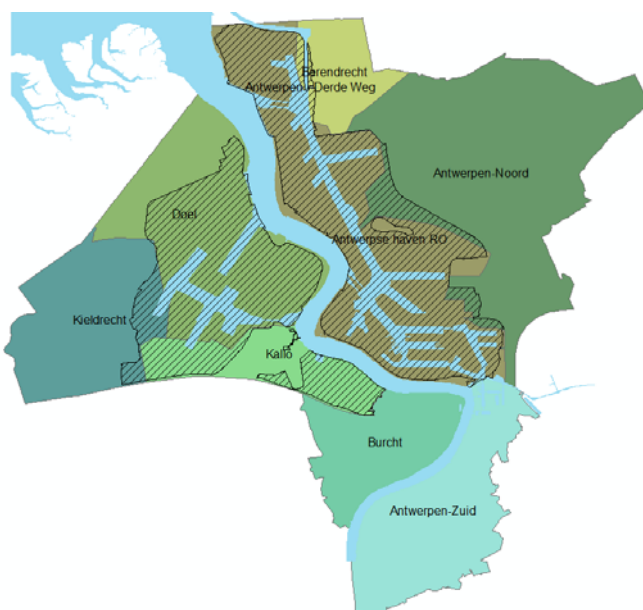
Figuur 6.1: Selectie van de gemeenten die een overlap vertonen met het studiegebied.



Figuur 6.2: Selectie van de VHA-zones die een overlap vertonen met het studiegebied.



Figuur 6.3: Selectie van de deelbekkens die een overlap vertonen met het studiegebied.



Figuur 6.4: Selectie van de zuiveringsgebieden die een overlap vertonen met het studiegebied.

6.1.2 Correctiefactoren EIW-totalen per zuiveringsgebied

De EIW inventariseert 47 relevante emissiebronnen in de zuiveringsgebieden die het studiegebied gedeeltelijk overlappen. Een groot deel van deze emissiebronnen zijn integraal aan het studiegebied toe te wijzen, aangezien het economische activiteiten zijn en het buitengebied in Kalf en Doel respectievelijk voornamelijk woongebied en landelijke gebied betreft. Er zijn echter bronnen zoals bevolking en atmosferische depositie waarvan het spreidingspatroon in kaart moet gebracht worden zodat een goede inschatting van

correctiefactoren kon plaatsvinden. Telkens wordt gebruik gemaakt van de meest recente beschikbare GIS-data.

In de onderstaande tabel, Tabel 6.1 worden de thema's aangegeven waarmee een eventuele herschaling van de emissietotalen zal plaatsvinden met de overeenstemmende gebruikte geografische data. In de tweede tabel, Tabel 6.2 wordt per thema aangegeven welke fractie van het zuiveringsgebied zich in het studiegebied bevindt.

Tabel 6.1 Gebruikte GIS-data per thema.

Thema	Gebruikte GIS-data
oppervlakte	grens studiegebied, afbakening zuiveringsgebieden
wateroppervlak	wateroppervlak
wegen	wegen Mercatornet 2006
huishoudens	kaart aantal huishoudens
emissies corrosie schil	VMM-studie corrosie gebouwen
emissies corrosie leidingen	VMM-studie corrosie gebouwen
grasland	landbouwgebruikspcelenkaart 2008

Tabel 6.2 Fractie van het zuiveringsgebied per thema.

Thema	Kallo	Doel	Antwerpse haven RO
oppervlakte	59,4%	62,5%	77,6%
wateroppervlak	11,8%	48,2%	53,5%
wegen	90,7%	94,0%	98,3%
inwoners	0,1%	46,8%	36,1%
emissies corrosie schil	48,8%	83,9%	94,3%
emissies corrosie leidingen	68,4%	91,5%	96,9%
grasland	67,2%	84,0%	75,0%
haven (activiteit volledig toegewezen aan havengebied)	100%	100%	100%

Tabel 6.3 bevat een overzicht van de 47 emissiebronnen uit de EIW, samen met het thema dat gebruikt werd om de totalen te herschalen volgens bovenstaande fracties. De emissies van de puntbronnen betreffen lozingen door bedrijven. Deze emissies zijn grotendeels gebaseerd op metingen, maar soms ook op berekende schattingen. Diffuse bronnen zijn steeds gebaseerd op onderbouwde schattingen, berekend volgens dezelfde methodologie als de in deze studie bestudeerde bronnen.

Bij bepaalde bronnen is het minder duidelijk in hoeverre deze aan het havengebied dienen toegewezen te worden (bijvoorbeeld hotels en restaurants). Het gaat hier echter over relatief kleine bronnen zodat dit weinig impact heeft op het totaalbeeld.

Tabel 6.3 Emissiebronnen uit de EIW.

Bron	punt-/diffuse bron	Thema
afvalverwerking	punt	haven
atmosferische depositie	diffuus	oppervlakte
bandenslijtage	diffuus	wegen
bilgeswater binnenscheepvaart	diffuus	wateroppervlak
bouwnijverheid	punt	haven
chemische industrie	punt	haven
coating binnenscheepvaart	diffuus	wateroppervlak
corrosie gebouw schil	diffuus	emissies corrosie schil
corrosie leidingen	diffuus	emissies corrosie leidingen
dierlijke mest	diffuus	grasland
directe depositie opp.water	diffuus	wateroppervlak
erosie bodem	diffuus	oppervlakte
financiële instellingen & openbaar bestuur	punt	haven

Bron	punt-/diffuse bron	Thema
gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening	punt	haven
groot- en kleinhandel, reparaties auto's	punt	haven
hotels en restaurants	punt	haven
houtverduurzaming	diffuus	haven
houtverduurzamingsmiddelen	diffuus	haven
huishoudens	diffuus	huishoudens
industriële reiniging	punt	haven
lekkage motorolie	diffuus	wegen
mijnbouw	punt	haven
onderwijs	punt	haven
overige dienstverlening	punt	haven
papier- en kartonnijverheid	punt	haven
prod. v. metaal	punt	haven
productie en distributie van elektriciteit, gas	punt	haven
recyclage van afval	punt	haven
rubber en kunststofnijverheid	punt	haven
slijtage banden	diffuus	wegen
slijtage bovenleidingen	diffuus	haven
slijtage koolsleepstukken	diffuus	haven
slijtage wegdek	diffuus	wegen
textiel	punt	haven
toerisme en recreatie	punt	haven
uitgeverijen, drukkerijen	punt	haven
uitloging antifouling	diffuus	wateroppervlak
verlies schroefasvet	diffuus	wateroppervlak
vervaardigen van meubels+overige	punt	haven
vervaardiging transportmiddelen	punt	haven
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten	punt	haven
vervaardiging van machines, apparaten en werktuigen	punt	haven
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten	punt	haven
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen	punt	haven
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation	punt	haven
wassen en chemisch reinigen	punt	haven
wegdekslijtage	diffuus	wegen

6.2 Overzicht bronnen EIW

6.2.1 Belang van de emissiebronnen

In dit onderdeel wordt voor de drie stofgroepen (zware metalen, PAK's en nutriënten) aangegeven wat het relatief belang is van de verschillende bestudeerde emissiebronnen. Zoals in de inleiding reeds aangegeven, is de lijst aan emissiebronnen niet volledig en worden er nog elk jaar nieuwe emissiebronnen toegevoegd. De belangrijkste emissiebronnen in Vlaanderen maken deel uit van de EIW. Bepaalde havenspecifieke bronnen als scheepswerven en op- en overslag op de kades maken er geen deel van uit. Men mag er wel van uitgaan dat de belangrijkste emissiebronnen deel uitmaken van de EIW. De weergegeven emissies uit de EIW betreffen netto emissies.

In onderstaande Tabellen 6.4 tot en met 6.6 is de procentuele bijdrage van de emissiebronnen opgenomen die voor die stofgroep emissies genereren. Onderaan wordt ook telkens de totale emissie in het studiegebied voor 2006 weergegeven. De cijfers zijn telkens herschaald om de totalen uit de EIW aan te passen aan de grenzen van het studiegebied. De waarde 0% impliceert een zeer laag aandeel (afgerond 0%), maar wel geregistreerde emissies.

In Tabel 6.4 is te zien dat voor arseen, chroom, kwik, nikkel en zink de chemische industrie een zeer belangrijke emissiebron is. Cadmium is in het studiegebied voornamelijk afkomstig van directe atmosferische depositie op het oppervlaktewater. Koper komt voornamelijk vrij door uitloging van antifouling en van houtverduurzamingsmiddelen. Voor lood tenslotte zijn de corrosie van bouwmaterialen en atmosferische depositie belangrijke emissiebronnen.

Tabel 6.4 Procentueel aandeel van netto emissie per emissiebron in de EIW voor zware metalen in het studiegebied. Met kleuren van geel naar oranje wordt het aandeel per bron inzichtelijk gemaakt. Hoe donkerder de kleur, hoe groter het aandeel.

	arseen	cadmium	chroom	koper	kwik	nikkel	lood	zink
Bronnen uit EIW								
afvalverwerking	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
atmosferische depositie op land & water								
atmosferische depositie op water	5%	52%	7%	1%	3%	4%	28%	4%
bouwnijverheid								
chemische industrie	63%	26%	52%	3%	82%	58%	4%	41%
corrosie gebouw schil				0%			37%	29%
corrosie leidingen				1%			9%	2%
dierlijke mest	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
erosie bodem	6%	9%	13%	0%	4%	1%	8%	0%
financiële instellingen & openbaar bestuur		0%	0%	0%		0%	0%	0%
gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
groot- en kleinhandel, reparaties auto's	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
hotels en restaurants	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
houtverduurzaming								
huishoudens	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
industriële reiniging	1%	0%	9%	0%	0%	6%	0%	1%
mijnbouw	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
onderwijs	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
overige dienstverlening	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
papier- en kartonnijverheid	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
prod. v. metaal	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
productie en distributie van elektriciteit, gas	5%	1%	8%	0%	1%	1%	0%	1%
recyclage van afval	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
rubber en kunststofnijverheid	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

	arsen	cadmium	chrom	koper	kwik	nikkel	lood	zink
textiel	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
toerisme en recreatie								
uitgeverijen, drukkerijen	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
vervaardigen van meubels	0%		0%	0%	0%	0%	0%	0%
vervaardiging transportmiddelen	0%	3%	0%	0%	0%	16%	0%	0%
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten	18%		5%	1%	9%	9%	0%	9%
vervaardiging van machines, apparaten en werktuig	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen	1%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%
wassen en chemisch reinigen	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bronnen uit EIW (VMM) die ook werden onderzocht in studie GHA								
wegverkeer - bandenslijtage								
binnenscheepvaart - bilgeswater								
binnenscheepvaart - coating								
waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen				33%				0%
wegverkeer - lekkage motorolie	0%	0%	0%	0%		0%	1%	2%
wegverkeer - slijtage banden	0%	3%	0%	1%		0%	3%	8%
wegverkeer - slijtage wegdek		3%	4%	0%		1%	1%	0%
spoorverkeer - slijtage bovenleidingen				10%				
spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken				1%			8%	
zeevaart - uitloging antifouling				49%				
binnenscheepvaart - verlies schroefasvet								0%
wegverkeer - wegdekslijtage		3%	4%	0%		1%	1%	0%
Totaal (kg)	116	4	114	4 843	8	355	232	6 007

Voor de meeste PAK's is atmosferische depositie de belangrijkste emissiebron in het studiegebied, zie Tabel 6.5. Grote uitzonderingen zijn acenaftyleen, voornamelijk afkomstig van de chemische industrie, fluoreen, afkomstig van de vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten en naftaleen, afkomstig van lekkage motorolie.

Tabel 6.5 Procentueel aandeel van netto emissie per emissiebron in de EIW voor PAK in het studiegebied. Met kleuren van geel naar oranje wordt het aandeel per bron inzichtelijk gemaakt. Hoe donkerder de kleur, hoe groter het aandeel.

	acenafteen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluoranthreen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluoranthreen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenantreen	fluoranthreen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16
Bronnen uit EIW																	
afvalverwerking			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%	0%	0%		0%	0%
atmosferische depositie op land & water	0%	0%	35%	47%	65%	67%	61%	66%	57%	33%	42%	67%	15%	82%	0%	52%	46%
atmosferische depositie op water																	
bouwnijverheid																	
chemische industrie	9%	58%	17%	2%	5%	5%	4%	3%	3%	2%	3%	5%	14%	3%	6%	4%	7%
corrosie gebouw schil																	
corrosie leidingen																	
dierlijke mest																	
erosie bodem																	
financiële instellingen& openbaar bestuur																	
gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening																	
groot- en kleinhandel, reparaties auto's																	
hotels en restaurants																	
houtverduurzaming	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
huishoudens	14%	7%	1%	1%	2%	4%	1%	2%	2%	15%	4%	6%	8%	1%	4%	2%	4%
industriële reiniging	1%	1%	0%	0%	1%	1%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	0%	0%

	acenafteen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenantreen	fluorantheen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16
mijnbouw																	
onderwijs																	
overige dienstverlening																	
papier- en kartonnijverheid																	
prod. v. metaal	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%	0%	0%	0%	0%		0%		0%
productie en distributie van elektriciteit, gas	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
recyclage van afval																	
rubber en kunststofnijverheid																	
textiel																	
toerisme en recreatie	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
uitgeverijen, drukkerijen																	
vervaardigen van meubels																	
vervaardiging transportmiddelen	0%	0%	0%	0%							0%	0%	0%		0%		0%
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten	27%	8%	20%	34%	12%	3%	13%	3%	17%	10%	22%	3%	40%	2%	2%	27%	15%
vervaardiging van machines, apparaten en werktuig																	
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten																	
vervaardiging van voedings- en																	

	acenafteen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenantreen	fluorantheen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16
genotmiddelen																	
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
wassen en chemisch reinigen																	
Bronnen uit EIW (VMM) die ook werden onderzocht in studie GHA																	
wegverkeer - bandenslijtage	5%	8%	4%	5%	4%	12%	10%	15%	13%	5%	4%	7%	3%	2%	3%	9%	7%
binnenscheepvaart - bilgeswater	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%
binnenscheepvaart - coating	9%	4%	5%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	9%	2%	2%	5%	4%	20%	1%	5%
waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen																	
wegverkeer - lekkage motorolie	16%	4%	7%	3%	4%	2%	5%	5%	3%	8%	11%	2%	4%	2%	62%	2%	11%
wegverkeer - slijtage banden																	
wegverkeer - slijtage wegdek																	
spoorverkeer - slijtage bovenleidingen																	
spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken																	
zeevaart - uitloging antifouling																	
binnenscheepvaart - verlies schroefasvet																	
wegverkeer - wegdekslijtage	16%	8%	11%	4%	4%	5%	2%	3%	3%	17%	11%	7%	9%	3%	0%	2%	5%
Totaal (kg)	4	7	6	15	13	15	13	6	19	4	28	28	7	9	28	30	232

Tabel 6.6 toont de bijdrage aan de totale netto emissies van de nutriënten per emissiebron. Evenals bij de zware metalen, scoort ook bij de nutriënten de chemische industrie zeer hoog.

Tabel 6.6 *Procentueel aandeel van netto emissie per emissiebron in de EIW voor nutriënten in het studiegebied. Met kleuren van geel naar oranje wordt het aandeel per bron inzichtelijk gemaakt. Hoe donkerder de kleur, hoe groter het aandeel.*

	BZV5	CZV	N (ton)	P (ton)
Bronnen uit EIW				
afvalverwerking	0%	0%	0%	0%
atmosferische depositie op land & water				
atmosferische depositie op water				
bouwnijverheid	0%	0%	0%	0%
chemische industrie	70%	81%	62%	65%
corrosie gebouw schil				
corrosie leidingen				
dierlijke mest			7%	8%
erosie bodem				
financiële instellingen& openbaar bestuur	0%	0%	0%	0%
gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening	0%	0%	0%	0%
groot- en kleinhandel, reparaties auto's	0%	0%	0%	0%
hotels en restaurants	0%	0%	0%	0%
houtverduurzaming				
huishoudens	2%	0%	0%	1%
industriële reiniging	1%	2%	2%	1%
mijnbouw		0%	0%	0%
onderwijs	0%	0%	0%	0%
overige dienstverlening	0%	0%	0%	0%
papier- en kartonnijverheid	0%	0%	0%	0%
prod. v. metaal	0%	0%	0%	0%
productie en distributie van elektriciteit, gas	0%	0%	1%	0%
recyclage van afval	0%	0%	0%	0%
rubber en kunststofnijverheid	0%	0%	0%	0%
textiel	0%	0%	0%	0%
toerisme en recreatie				
uitgeverijen, drukkerijen	0%	0%	0%	0%
vervaardigen van meubels	0%	0%	0%	0%
vervaardiging transportmiddelen	0%	0%	1%	1%
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten	24%	14%	25%	11%
vervaardiging van machines, apparaten en werktuig	0%	0%	0%	0%
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten	1%	0%	0%	0%
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen	1%	2%	1%	13%
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation	0%	0%	0%	0%

	BZV5	CZV	N (ton)	P (ton)
wassen en chemisch reinigen	0%	0%	0%	0%
Bronnen uit EIW (VMM) die ook werden onderzocht in studie GHA				
wegverkeer - bandenslijtage				
binnenscheepvaart - bilgeswater				
binnenscheepvaart - coating				
waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen				
wegverkeer - lekkage motorolie				
wegverkeer - slijtage banden				
wegverkeer - slijtage wegdek				
spoorverkeer - slijtage bovenleidingen				
spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken				
zeevaart - uitloging antifouling				
binnenscheepvaart - verlies schroefasvet				
wegverkeer - wegdekslijtage				
Totaal (kg)	563 669	6 960 433	880 779	61 892

6.2.2 Spreiding over linker- en rechteroever

Niet alle emissiebronnen zijn even sterk aanwezig op rechteroever of linkeroever. In bijlage C wordt de procentuele verdeling van de emissies per bron gegeven voor respectievelijk linkeroever (C.1, C.2 en C.3) en rechteroever (C.4, C.5, C.6). Hiertoe werden de herschaalde waarden van Doel en Kallo ondergebracht bij linkeroever en die van Antwerpse haven RO bij rechteroever. Voor de absolute cijfers per emissiebron wordt verwezen naar bijlage B (Tabel B.1 t/m B.3 voor de linkeroever en Tabel B.4 t/m B.6 voor de rechteroever).

6.3 Vergelijking tussen bestudeerde bronnen en cijfers EIW

Van de 47 emissiebronnen die in het studiegebied aanwezig zijn uit de EIW zijn er 7 die ook in deze studie begroot werden.

Wegverkeer:

- Bandenslijtage
- Wegdekslijtage
- Lekkage motorolie

Zeescheepvaart:

- Uitloging antifouling

Binnenscheepvaart:

- Verlies schroefasvet
- Bilgewater binnenscheepvaart
- Coating binnenscheepvaart

De bron huishoudens uit de EIW is niet te koppelen aan het huishoudelijk afvalwater van de binnenvaart aangezien ze in de EIW op basis van het aantal inwoners ingeschat werd.

In dit onderdeel wordt per emissiebron de totalen uit deze studie en de herschaalde totalen uit de EIW weergegeven, met daarnaast ook de verhouding tussen deze twee cijfers. Indien de cijfers uit de studie lager zijn dan de helft of groter zijn dan het dubbele van de cijfers van de EIW, dan worden ze ingekleurd. Er moet wel opgemerkt worden dat hier geen oordeel geveld worden over juist of fout. Verschillen kunnen ook te wijten zijn aan het gebruik van emissiefactoren en emissieverklarende variabelen die niet meer overeenstemmen met de actuele toestand. De EIW dateert immers van 2006, terwijl de voorliggende studie gebruik maakt van de meest recente gegevens (meestal toestand 2011).

6.3.1 Wegverkeer

In deze studie wordt voor wegverkeer gewerkt met vier types van EVV: aantal gereden kilometers lichte voertuigen, aantal gereden kilometers zware voertuigen, aantal gereden kilometers havengebonden voertuigen en aantal uur stilstand op RoRo terreinen. De emissiefactoren zijn in overeenstemming met deze EVV geformuleerd. In de EIW wordt voor de EVV gerekend met gereden kilometers door bestelwagens, bromfietsen, bussen, motors, personenwagens, specifieke voertuigen en vrachtwagens en dit nog met onderscheid tussen bebouwde kom, landelijk en snelweg. Voor elk type van EVV wordt met de overeenstemmende emissiefactor gewerkt.

Bandenslijtage

De inschatting van PAK's en cadmium komt goed overeen met de cijfers uit de EIW. Het grootste relatieve verschil komt voor bij chroom en nikkel, maar in absolute cijfers is het verschil het grootst voor zink. Voor meer informatie over de EF en EVV van het studiegebied wordt verwezen naar de factsheet van bandenslijtage. Voor de zware metalen is met een veel lagere EF gerekend dan bij de EIW-studie. In de voorliggende studie is actuelere literatuur gebruikt (2010) dan in de EIW-studie (2005). De belangrijkste verschillen tussen beide methoden is het percentage van de slijtage wat uiteindelijk het oppervlaktewater bereikt. In de EIW-studie wordt gerekend met een afspoeling van 20%, in de voorliggende studie met een afspoeling van 100%. Dit verklaart de hogere emissies in de voorliggende studie. Een andere verklaring voor de hogere emissies zijn de havengebonden voertuigen, die niet als bron zijn beschouwd in de EIW-studie. Bij koper is er juist een veel hogere emissie in de EIW-studie. Voor deze stof was het verschil in EF tussen beide studies veel groter dan voor de overige stoffen.

Tabel 6.7 *Vergelijking emissies zware metalen uit bandenslijtage in EIW en dit project.*

Bandenslijtage	arseen	cadmium	chroom	koper	nikkel	lood	zink
EIW (kg)	0,05	0,10	0,20	25	1,0	8,0	476
Studie GHA (kg)	0,12	0,12	1,24	6,2	6,2	12,4	1 580
Aandeel studie/EIW	2,5	1,2	6,2	0,25	6,2	1,6	3,3

Voor de PAK speelt, net als bij de zware metalen, ook het verschil in afspoeling en het meenemen van de havengebonden voertuigen een rol. De emissies worden door die factoren een stuk hoger. Maar de emissiefactoren voor PAK in banden zijn in de voorliggende studie een stuk lager dan in de studie gebruikt voor de EIW, waardoor overall de emissies van beide studies redelijk bij elkaar in de buurt komen. In de voorliggende studie is het effect van van Europese wetgeving betreffende vermindering van PAK-gehalte in banden meegerekend.

Tabel 6.8 Vergelijking emissies PAK's uit bandenslijtage in EIW en dit project.

Bandenslijtage	acenaftheen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenanthreen	fluorantheen	fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16
EIW (kg)	0,2	0,6	0,2	0,7	0,6	1,7	1,3	1,0	2,5	0,2	1,2	2,0	0,2	0,2	0,8	2,5	16
Studie GHA (kg)	0,1	0,4	0,4	0,4	0,4	1,0	1,2	0,6	1,7	0,2	0,7	1,5	0,1	0,1	0,5	1,5	11
Aandeel studie/EIW	0,6	0,6	1,8	0,6	0,6	0,6	0,9	0,6	0,7	0,8	0,6	0,8	0,6	0,7	0,6	0,6	0,7

Wegdekslijtage

In het studiegebied werden geen zware metalen gekwantificeerd voor wegdekslijtage aangezien het wegdek uit beton en ander steenachtig materiaal bestaat.

De PAK's zijn systematisch lager ingeschat dan de herschaalde EIW-cijfers. In deze studie is er vanuit gegaan dat al het teerhoudende asfalt in het havengebied inmiddels is verwijderd. Het asfalt dat er nu nog ligt of wordt opgebracht zal bestaan uit asfalt met bitumen (met een lager PAK-gehalte) als bindmiddel.

Voor meer informatie over de EF en EVV van het studiegebied wordt verwezen naar de factsheet van wegdekslijtage.

Tabel 6.9 Vergelijking emissies PAK's uit wegdekslijtage in EIW en dit project.

Wegdekslijtage	arseen	cadmium	chrom	koper	nikkel	lood
EIW (kg)	0,1	4,1	1,2	2,0	1,5	3,5
Studie GHA (kg)	-	-	-	-	-	-
Aandeel studie/EIW	-	-	-	-	-	-

Tabel 6.10 Vergelijking emissies PAK's uit wegdekslijtage in EIW en dit project.

Wegdekslijtage	acenaftheen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen
EIW (kg)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,68	0,80	0,30	0,20
studie GHA (kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Aandeel studie/EIW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01

Tabel 6.10 vervolg

	chryseen	dibenz[<i>a,h</i>]anthraceen	fenanthreen	fluoranthreen	fluoreen	indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16
Wegdekslijtage									
EIW (kg)	0,60	0,60	3,20	2,00	0,60	0,30	0,05	0,52	12
studie GHA (kg)	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,06
Aandeel studie/EIW	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,22	0,01	0,01

Lekkage motorolie

De zware metalen afkomstig van lekkage motorolie zijn voor arseen, cadmium en nikkel aanzienlijk hoger ingeschat dan in de EIW. In absolute aantallen zijn de emissies echter zeer beperkt. Eén van de elementen die een hoger ingeschatte emissie kan verklaren is dat lekkage van motorolie door havengebonden voertuigen en stilstaande voertuigen geen onderdeel uitmaakt van de EIW. Voor chroom, koper en zink werden de emissies lager ingeschat in deze studie. Dit valt vooral te verklaren uit de EF die is gebruikt in de EIW studie. De factoren voor arseen, cadmium en nikkel zijn bijna een factor 1000 lager dan die voor de andere metalen. In de voorliggende studie zijn andere EF's gebruikt, op basis van meer recente literatuurstudies. Daarnaast speelt net als bij de andere bronnen van het wegverkeer de mate van afspoeling naar het oppervlaktewater en het wel/niet meenemen van de havengebonden voertuigen een grote rol bij het berekenen van de emissies.

Voor PAK's werden de emissies bijna altijd lager ingeschat, met uitzondering van fluoreen en pyreen. De verklaring hiervoor is dat in deze studie een actualisering van de PAK-gehalten in motorolie is doorgevoerd, gebaseerd op diverse internationale publicaties. De nieuwe emissiefactoren zijn voor de meeste PAK's een stuk lager dan in de EIW. Het verschil in verhouding lag bij fluoreen en pyreen iets lager dan bij de overige PAK. Daarnaast speelt ook weer de mate van doorberekening van de afspoeling en de havengebonden voertuigen een belangrijke rol. Voor meer informatie over de EF en EVV van het studiegebied wordt verwezen naar de factsheet van lekkage motorolie.

Tabel 6.11 Vergelijking emissies zware metalen uit lekkage motorolie in EIW en dit project.

Lekkage motorolie	arsen	cadmium	chroom	koper	nikkel	lood	zink
EIW (kg)	0,00	0,00	0,23	1,39	0,00	1,30	98
studie GHA (kg)	0,03	0,00	0,03	0,13	0,01	0,57	3,2
Aandeel studie/EIW	7,3	9,9	0,13	0,09	8,01	0,44	0,03

Tabel 6.12 Vergelijking emissies PAK's uit lekkage motorolie in EIW en dit project.

Lekkage motorolie	acenaftheen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]antraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen
EIW (kg)	0,59	0,29	0,40	0,50	0,50	0,30	0,60	0,30	0,50
Studie GHA (kg)	0,01	0,01	0,08	0,15	0,06	0,06	0,28	0,06	0,17
Aandeel studie/EIW	0,02	0,02	0,21	0,29	0,12	0,20	0,46	0,20	0,35

Tabel 6.12 (vervolg) Vergelijking emissies PAK's uit lekkage motorolie in EIW en dit project.

Lekkage motorolie	dibenzo[a,h]antraceen	fenanthreen	fluorantheen	fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16
EIW (kg)	0,29	2,90	0,60	0,30	0,20	18	0,60	27
Studie GHA (kg)	0,01	0,77	0,21	0,26	0,05	0,20	0,46	2,84
Aandeel studie/EIW	0,02	0,27	0,35	0,86	0,27	0,01	0,77	0,11

6.3.2 Zeescheepvaart – Uitloging antifouling

In deze studie werden de emissies van koper dubbel zo hoog ingeschat als de cijfers uit de EIW. Zonder herschaling van de EIW totalen bedraagt de koperemissie 4.569 kg. De herschaling op basis van het aandeel wateroppervlak is hier echter wel van toepassing, aangezien in de voorliggende studie geen rekening werd gehouden met emissies van schepen die zich op de Schelde voordoen. In de EIW bedraagt de emissiefactor 300 g Cu per stilliggend schip in de haven. In voorgaande studie worden de emissies begroot op basis van het nat oppervlak en de tijd van blootstelling, waarbij nog onderscheid wordt gemaakt tussen het stilliggen en varen van schepen. In 2012 is er nieuw onderzoek uitgevoerd naar de emissiefactor voor zeeschepen. Daarbij werd voor stilliggende schepen met een factor van 4 ug koper/cm²/dag gerekend.

Voor meer informatie over de EF en EVV van het studiegebied wordt verwezen naar de factsheet van Zeescheepvaart – Coatings.

Tabel 6.13 Vergelijking emissies koper antifouling zeescheepvaart uit EIW en dit project.

Coatings	koper
EIW (kg)	2.383
Studie GHA (kg)	5.393
Aandeel studie/EIW	2,3

6.3.3 Binnenscheepvaart

Verlies schroefasvet

De inschatting van de hoeveelheid zink komt goed overeen met de cijfers uit de EIW. De emissiefactor uit de EIW bedraagt 4,7 g zink per miljoen tonkilometer binnenvaartschepen. In voorgaande studie werd dit herleid naar 4,1 g zink per miljoen tonkilometer. Voor meer informatie over de EF en EVV van het studiegebied wordt verwezen naar de factsheet van Binnenscheepvaart – Schroefasvet.

Tabel 6.14 *Vergelijking emissies zink verlies schroefasvet binnenvaart uit EIW en dit project.*

Schroefasvet	zink
EIW (kg)	3,0
Studie GHA (kg)	3,8
Aandeel studie/EIW	1,3

Bilgewater

Voor de meeste stoffen komt de inschatting van emissies afkomstig van bilgewater goed overeen met de EIW cijfers. Enkel voor benzo[k]fluorantheen was de inschatting veel lager en voor fluorantheen veel hoger.

In de EIW wordt de emissiefactor uitgedrukt per kg geloosde hoeveelheid bilgewater. In voorgaande studie worden de emissies berekend op basis van het aantal tonkilometer. Voor meer informatie over de EF en EVV van het studiegebied wordt verwezen naar de factsheet van Binnenscheepvaart – Bilgewater.

Tabel 6.15 *Vergelijking emissies PAK's bilgewater binnenvaart uit EIW en dit project.*

Bilgewater	acenaftheen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen
EIW (kg)	0,1	0,1	0,02	0,003	0,001	0,001	0,00005	0,014
studie GHA (kg)	0,1	0,1	0,04	0,005	0,003	0,003	0,00009	0,003
Aandeel studie/EIW	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	0,2

Tabel 6.15 *vervolg*

Bilgewater	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenanthreen	fluorantheen	fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16
EIW (kg)	0,001	0,0003	0,1	0,001	0,1	0,001	0,2	0,01	0,5
studie GHA (kg)	0,003	0,0005	0,2	0,025	0,1	0,003	0,3	0,02	0,9
Aandeel studie/EIW	1,8	1,8	1,8	17,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

Coating

Voor coatings komen de ingeschatte emissiehoeveelheden relatief goed overeen met de cijfers uit de EIW. Enkel voor indeno[1,2,3-cd]pyreen bedraagt het verschil meer dan een factor 2. Net zoals in voorgaande studie wordt in de EIW de emissiefactor uitgedrukt per m² nat oppervlak binnenvaart per km. In beide studies wordt de emissiefactor echter nog opgesplitst voor schepen met een PAK coating en met een bitumen coating. In de EIW studie was het aandeel schepen met een PAK-coating veel hoger (12%) ingeschat dan in voorliggende studie (1%). De nieuwe cijfers zijn gebaseerd op een meer actuele schatting. De weergegeven vrachten in tabel 6.16 bij “studie GHA” zijn een sommatie van de emissies uit PAK-coating en bitumen-coating. Dat zou juist een lagere PAK emissie verklaren in de voorliggende studie. Het verschil tussen beide studies zal gezocht moeten worden in de gebruikte aantallen schepen binnenvaart en de verdeling over het havengebied. Voor meer informatie over de EF en EVV van het studiegebied wordt verwezen naar de factsheet van Binnenscheepvaart – Coating.

Tabel 6.16 Vergelijking emissies PAK's coating binnenvaart uit EIW en dit project.

Coating	acenaftheen	acenaftheen	antracene	benzof[an]thracene	benzof[al]pyreen	benzof[fluor]anthracene	benzof[g,h,i]perylene	benzof[k]fluoranthracene	chryseen	dibenzof[a,h]anthracene	fenanthreen	fluoranthreen	fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	nafthalene	pyreen	PAK16
EIW (kg)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,3	0,3	0,6	0,5	0,3	0,4	5,6	0,3	10,6
studie GHA (kg)	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	1,9	3,2	0,5	11,5
Aandeel studie/EIW	1,6	1,6	1,4	1,7	1,7	1,6	1,1	1,7	1,1	1,6	0,8	0,7	1,6	5,3	0,6	1,6	1,1

6.4 Vergelijking totale hoeveelheid emissies GHA-studie met inschatting EIW

In de Tabellen 6.17-6.22 worden, voor het gehele havengebied, de emissies uit de emissie-inventaris van GHA (zoals berekend in hoofdstuk 5) vergeleken met de emissies uit de EIW van de VMM (zoals berekend in paragraaf 6.2). In deze tabellen zijn onder “EIW VMM” enkel de emissies uit de EIW overgenomen van de bronnen die niet zijn berekend in de emissie-inventaris van GHA. Voor de bronnen die berekend zijn in de emissie-inventaris van GHA zijn onder “EIW GHA” de cijfers uit deze studie opgenomen. Daarbij dient opgemerkt dat in EIW VMM en EIW GHA een verschillend referentiejaar gehanteerd werd. Bronnen vermeld in EIW VMM die zeker niet van toepassing zijn voor het havengebied zijn weggelaten uit de tabellen. Het gaat om de bronnen: ‘waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen’, ‘spoorverkeer - slijtage bovenleidingen’, en ‘spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken’. De betreffende houtverduurzamingsmiddelen worden immers niet toegepast in het havengebied. Gezien het meeste spoorverkeer niet – elektrisch is in het havengebied zijn ook de emissies van het elektrisch spoorverkeer weggelaten. De emissiebronnen uit de EIW van VMM die slechts een zeer klein percentage van de emissies veroorzaken werden gegroepeerd onder de noemer ‘overige bronnen’. Voor de emissies uitgesplitst naar Linkeroever en Rechteroever afzonderlijk wordt verwezen naar bijlage D. In de Tabellen 6.17-6.19 worden de emissies in kg/jaar weergegeven en in de Tabellen 6.20-6.22 worden de relatieve bijdragen van de emissiebronnen weergegeven.

Er dient een aantal kanttekeningen gemaakt te worden bij de vergelijking van de emissiebronnen van EIW VMM met de in deze studie berekende emissies (EIW GHA). Strikt gezien zijn beide datasets niet te vergelijken omwille van verschillende uitgangspunten. De gegevens van de EIW dateren immers van 2005 – 2006 terwijl de in deze studie berekende emissies (EIW GHA) gebaseerd zijn op gegevens uit 2010. Ook dient de toewijzing van emissies uit de EIW VMM aan het studiegebied met de nodige omzichtigheid benaderd te worden omdat de afbakeningen in EIW niet samenvallen met het studiegebied en er zodoende aannames dienden gemaakt te worden voor herschaling van de cijfers. Voor meer detail hierover wordt verwezen naar paragraaf 6.1.2 (Correctiefactoren EIW-totale per zuiveringsgebied). Verder verschillen beide studies ook m.b.t. de beschouwde pollutanten. Aluminium werd enkel begroot in de inventaris van GHA, BZV enkel in de EIW van VMM. Voor deze parameters is een vergelijking van alle emissiebronnen dan ook niet mogelijk.

Tabel 6.17 Combinatie van de netto emissies uit deze GHA-studie (zoals berekend in hoofdstuk 5) met de emissies uit de EIW VMM (zoals berekend in paragraaf 6.2). Totale emissies metalen per bron voor het ganse studiegebied (havengebied) in kg/jaar.

	EIW	aluminium	arsenen	cadmium	chrom	koper	kwik	nikkel	lood	zink
atmosferische depositie op land & water										
atmosferische depositie op water			5,5	1,9	7,7	41	0,2	12	64	259
chemische industrie			73	0,9	59	123	6,5	207	8,8	2 437
corrosie gebouw schil						11			86	1 759
corrosie leidingen						32			21	119
dierlijke mest			0,0	0,0	0,1	2,4	0,0	0,1	0,1	7
erosie bodem			7,0	0,3	15	7,9	0,3	4,9	18	29
huishoudens			0,1	0,0	0,3	1,6	0,0	0,3		1
industriële reiniging			0,6	0,0	11	5,4	0,0	22	0,7	62
productie en distributie van elektriciteit, gas			5,9	0,1	9,2	3,2	0,1	1,9	1,0	34
vervaardiging transportmiddelen			0,0	0,1	0,4	7,0	0,0	57	0,5	29
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten			21		5,8	35	0,7	34	0,0	564
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen			1,6	0,0	0,4	16	0,0	4,4	2,4	41
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation			0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	4,9	0,1	52
overige bronnen			0,4	0,09	0,7	2,7	0,01	3,2	0,7	11
Binnenscheepvaart-Bilgewater										
Binnenscheepvaart-Coating										
Binnenscheepvaart-Anodes		396								520
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater			0,3	0,1	0	8	0,0	0,6	1,0	12
Binnenscheepvaart-Schroefasvet										4
Oliecalamiteiten										
Spoorverkeer-Smeerolie										
Waterbouw-Anodes		1		0,0						16
Waterbouw-Corrosie			0,1	0,0	83	0	0,0	53	0,1	0

	EIW	aluminium	arsen	cadmium	chrom	koper	kwik	nikkel	lood	zink
Waterbouw-Onderhoud										
Wegverkeer-Bandenslijtage			0,1	0,1	1	6		6,2	12	1 580
Wegverkeer-Lekkage motorolie			0,0	0,0	0	0		0,0	0,6	3
Wegverkeer-Wegdekslijtage										
Wegverkeer-Remslijtage				0,0		185		0,2	19	19
Zeescheepvaart-Anodes		503								9742
Zeescheepvaart-Coatings						5 393				
Totaal (kg)		900	116	3,7	193	5 888	7,9	412	235	17 299

Tabel 6.18 Combinatie van de netto emissies uit deze GHA-studie (zoals berekend in hoofdstuk 5) met de emissies uit de EIW VMM (zoals berekend in paragraaf 6.2). Totale emissies PAK en minerale olie per bron voor het ganse studiegebied (havengebied) in kg/jaar.

	EIW	acenafteen	acenaftyleen	antracene	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluoranthene	benzo[g,h,i]perylene	benzo[k]fluoranthene	chryseen	dibenzof[a,h]anthraceen	fenantreen	fluoranthene	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16	minerale olie
atmosferische depositie op land & water		0,0	0,0	2,0	7,0	8,7	9,9	8,3	4,2	11	1,2	12	19	1,1	7,6	0,0	15	107	
atmosferische depositie op water																			
chemische industrie		0,3	4,3	0,9	0,3	0,7	0,7	0,5	0,2	0,6	0,1	0,9	1,4	1,0	0,3	1,7	1,3	15	
corrosie gebouw schil																			
corrosie leidingen																			
dierlijke mest																			
erosie bodem																			
huishoudens	VMM	0,5	0,5	0,1	0,2	0,3	0,5	0,1	0,1	0,3	0,5	1,1	1,8	0,5	0,1	1,2	0,7	8,6	
industriële reiniging		0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	1,2	
productie en distributie van elektriciteit, gas		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	
vervaardiging transportmiddelen		0,0	0,0	0,0	0,0							0,0	0,0	0,0		0,0		0,0	
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten		1,0	0,6	1,2	5,0	1,6	0,4	1,8	0,2	3,2	0,4	6,0	0,8	2,8	0,2	0,6	8,1	33,85	
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen																			
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	
overige bronnen		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3	
Binnenscheepvaart-Bilgewater	GHA	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,9	127
Binnenscheepvaart-Coating		0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	1,9	3,2	0,5	11	
Binnenscheepvaart-Anodes																			
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	

	EIW	acenafteen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenantreen	fluorantheen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16	minerale olie
Binnenscheepvaart-Schroefasvet																			1 141
Oliecalamiteiten		4,5	4,8	1,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	6,9	0,9	4,0	0,0	9,7	0,7	33	8 460
Spoorverkeer-Smeerolie		0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	58
Waterbouw-Anodes																			
Waterbouw-Corrosie		0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,6	0,0	4,6	0,1	7,4	
Waterbouw-Onderhoud		0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4	53
Wegverkeer-Bandenslijtage		0,1	0,4	0,4	0,4	0,4	1,0	1,2	0,6	1,7	0,2	0,7	1,5	0,1	0,1	0,5	1,5	10,8	
Wegverkeer-Lekkage motorolie		0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,0	0,8	0,2	0,3	0,1	0,2	0,5	2,8	3 096
Wegverkeer-Wegdekslijtage		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	
Wegverkeer-Remslijtage																			
Zeescheepvaart-Anodes																			
Zeescheepvaart-Coatings																			
Totaal (kg)		7,55	7,6	12	6,7	14	12	13	13	5,7	17	2,9	30	26	11	10	23	29	234

Tabel 6.19 Combinatie van de emissies uit deze GHA-studie (zoals berekend in hoofdstuk 5) met de emissies uit de EIW VMM (zoals berekend in paragraaf 6.2). Totale emissies nutriënten per bron voor het ganze studiegebied (havengebied) in kg/jaar.

	EIW	BZV5	CZV	N (ton)	P (ton)
atmosferische depositie op land & water					
atmosferische depositie op water					
chemische industrie		394 612	5 644 427	549 284	40 440
corrosie gebouw schil					
corrosie leidingen					
dierlijke mest				61 060	4 653
erosie bodem					
huishoudens	VMM	9 471	22 183	2 418	349
industriële reiniging		4 111	115 247	15 325	402
productie en distributie van elektriciteit, gas		1 588	12 383	11 032	231
vervaardiging transportmiddelen		1 535	18 648	5 185	444
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten		137 770	992 235	224 277	6 977
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen		4 336	114 845	5 851	7 896
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation		1 457	15 915	1 140	248
overige bronnen		8 788	24 549	5 207	252
Binnenscheepvaart-Bilgewater					
Binnenscheepvaart-Coating					
Binnenscheepvaart-Anodes					
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater			50 458	6 606	1 031
Binnenscheepvaart-Schroefasvet					
Oliecalamiteiten					
Spoorverkeer-Smeerolie					
Waterbouw-Anodes	GHA				
Waterbouw-Corrosie					
Waterbouw-Onderhoud					
Wegverkeer-Bandenslijtage					
Wegverkeer-Lekkage motorolie					
Wegverkeer-Wegdekslijtage					
Wegverkeer-Remsslijtage					
Zeescheepvaart-Anodes					
Zeescheepvaart-Coatings					
Totaal (kg)		563 669	7 010 891	887 385	62 922

Tabel 6.20 Combinatie van de netto emissies uit deze GHA-studie (zoals berekend in hoofdstuk 5) met de emissies uit de EIW VMM (zoals berekend in paragraaf 6.2). Procentuele verdeling van de emissies van metalen per bron voor het ganse studiegebied (havengebied) in kg/jaar.

	EIW	aluminium	arsenen	cadmium	chrom	koper	kwik	nikkel	lood	zink	
atmosferische depositie op land & water	VMM										
atmosferische depositie op water			5%	52%	4%	1%	3%	3%	27%	1%	
chemische industrie			63%	26%	31%	2%	82%	50%	4%	14%	
corrosie gebouw schil						0%			36%	10%	
corrosie leidingen						1%			9%	1%	
dierlijke mest			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
erosie bodem			6%	9%	8%	0%	4%	1%	7%	0%	
huishoudens			0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%	
industriële reiniging			1%	0%	5%	0%	0%	5%	0%	0%	
productie en distributie van elektriciteit, gas			5%	1%	5%	0%	1%	0%	0%	0%	
vervaardiging transportmiddelen			0%	3%	0%	0%	0%	14%	0%	0%	
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten			18%		3%	1%	9%	8%	0%	3%	
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen			1%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation			0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	
overige bronnen			0%	2%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	
Binnenscheepvaart-Bilgewater		GHA									
Binnenscheepvaart-Coating											
Binnenscheepvaart-Anodes	44%									3%	
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater			0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Binnenscheepvaart-Schroefasvet										0%	
Oliecalamiteiten											
Spoorverkeer-Smeerolie											
Waterbouw-Anodes	0%			0%						0%	
Waterbouw-Corrosie			0%	0%	43%	0%	0%	13%	0%	0%	
Waterbouw-Onderhoud											
Wegverkeer-Bandenslijtage			0%	3%	1%	0%		2%	5%	9%	
Wegverkeer-Lekkage motorolie			0%	0%	0%	0%		0%	0%	0%	
Wegverkeer-Wegdekslijtage											
Wegverkeer-Remslijtage				1%		3%		0%	8%	0%	
Zeescheepvaart-Anodes	56%									56%	
Zeescheepvaart-Coatings						92%					
Totaal (kg)		900	116	3,7	193	5 888	7,9	412	235	17 299	

Tabel 6.21 Combinatie van de emissies uit deze GHA-studie (zoals berekend in hoofdstuk 5) met de emissies uit de EIW VMM (zoals berekend in paragraaf 6.2). Procentuele verdeling van de emissies van PAK en minerale olie per bron voor het ganse studiegebied (havengebied) in kg/jaar.

	EIW	acenafteen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenantreen	fluorantheen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16	minerale olie
atmosferische depositie op land & water		0%	0%	30%	50%	70%	74%	65%	74%	63%	40%	38%	72%	10%	74%	0%	53%	46%	
atmosferische depositie op water																			
chemische industrie		5%	37%	14%	2%	6%	5%	4%	3%	3%	3%	3%	5%	9%	3%	8%	5%	7%	
corrosie gebouw schil																			
corrosie leidingen																			
dierlijke mest																			
erosie bodem																			
huishoudens	VMM	7%	5%	1%	1%	2%	4%	1%	2%	2%	18%	3%	7%	5%	1%	5%	2%	4%	
industriële reiniging		0%	1%	0%	0%	1%	1%	2%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	
productie en distributie van elektriciteit, gas		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
vervaardiging transportmiddelen		0%	0%	0%	0%							0%	0%	0%		0%		0%	
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten		13%	5%	17%	36%	13%	3%	14%	4%	18%	12%	20%	3%	25%	2%	3%	28%	14%	
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen																			
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
overige bronnen		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	
Binnenscheepvaart-Bilgewater	GHA	2%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	1%
Binnenscheepvaart-Coating		7%	5%	6%	4%	4%	4%	2%	4%	2%	19%	1%	1%	5%	18%	14%	2%	5%	
Binnenscheepvaart-Anodes																			
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Binnenscheepvaart-Schroefasvet																			9%
Oliecalamiteiten		59%	41%	20%	1%	1%	0%	0%	0%	1%	1%	22%	4%	36%	0%	43%	2%	14%	65%

	EIW	acenafteen	acenaftyleen	antracene	benzo[a]lanthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]lanthraceen	fenantreen	fluorantheen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16	minerale olie
Spoorverkeer-Smeerolie		1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
Waterbouw-Anodes																			
Waterbouw-Corrosie		2%	1%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	5%	0%	20%	0%	3%	
Waterbouw-Onderhoud		1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
Wegverkeer-Bandenslijtage		2%	3%	5%	3%	3%	8%	9%	11%	10%	5%	2%	6%	1%	1%	2%	5%	5%	
Wegverkeer-Lekkage motorolie		0%	0%	1%	1%	0%	0%	2%	1%	1%	0%	3%	1%	2%	1%	1%	2%	1%	24%
Wegverkeer-Wegdekslijtage		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wegverkeer-Remslijtage																			
Zeescheepvaart-Anodes																			
Zeescheepvaart-Coatings																			
Totaal (kg)		7,6	12	6,7	14	12	13	13	5,7	17	2,9	30	26	11	10	23	29	234	12 935

Tabel 6.22 Vergelijking van de emissies uit EIW GHA (zoals berekend in hoofdstuk 5) met de emissies uit de EIW VMM (zoals berekend in paragraaf 6.2). Procentuele verdeling van de emissies van nutriënten per bron voor het ganse studiegebied (havengebied) in kg/jaar.

	EIW	BZV5	CZV	N (ton)	P (ton)
atmosferische depositie op land & water					
atmosferische depositie op water					
chemische industrie		70%	81%	62%	64%
corrosie gebouw schil					
corrosie leidingen					
dierlijke mest				7%	7%
erosie bodem					
huishoudens	VMM	2%	0%	0%	1%
industriële reiniging		1%	2%	2%	1%
productie en distributie van elektriciteit, gas		0%	0%	1%	0%
vervaardiging transportmiddelen		0%	0%	1%	1%
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten		24%	14%	25%	11%
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen		1%	2%	1%	13%
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation		0%	0%	0%	0%
overige bronnen		2%	0%	1%	0%
Binnenscheepvaart-Bilgewater					
Binnenscheepvaart-Coating					
Binnenscheepvaart-Anodes					
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater			1%	1%	2%
Binnenscheepvaart-Schroefasvet					
Oliecalamiteiten					
Spoorverkeer-Smeerolie					
Waterbouw-Anodes	GHA				
Waterbouw-Corrosie					
Waterbouw-Onderhoud					
Wegverkeer-Bandenslijtage					
Wegverkeer-Lekkage motorolie					
Wegverkeer-Wegdekslijtage					
Wegverkeer-Remslijtage					
Zeescheepvaart-Anodes					
Zeescheepvaart-Coatings					
Totaal (kg)		563 669	7 010 891	887 385	62 922

7 Conclusies en aanbevelingen

In dit afsluitende hoofdstuk worden de belangrijkste conclusies op een rij gezet en de aanbevelingen genoemd die in deze studie naar voren zijn gekomen.

7.1 Conclusies

Op basis van de binnen deze studie uitgevoerde activiteiten kan een aantal conclusies worden getrokken:

- Aan het doel van de studie (zoals in par. 1.2 beschreven): *het kwantificeren van de emissies van zware metalen, PAK's, nutriënten en minerale olie uit havenspecifieke emissiebronnen naar oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied*, is voldaan. Voor een 16-tal emissiebronnen zijn gedetailleerde emissieschattingen uitgevoerd, die uitgebreid zijn beschreven in factsheets. Deze studie kan worden gezien als een start van het emissieluik voor het milieu-informatiesysteem water van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.
- Er is gebleken dat er zeer veel relevante informatie vanuit het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen of vanuit andere betrokken diensten beschikbaar kon worden gesteld voor deze studie. Dit betreft zowel de nauwkeurige GIS-bestanden met locaties van activiteiten en scheepvaartbewegingen, informatie over de uitvoering van maatregelen, regelgeving en handhaving en gegevens over toegepaste materialen, en de samenstelling van producten (zie de factsheets in bijlage E).
- Anderzijds blijkt ook een deel van de relevante gegevens niet, of slechts gedeeltelijk aanwezig, (bijv. informatie over de concessie terreinen, toepassing van typen coatings, geloosde en geruimde volumes bij calamiteiten) of moeilijk toegankelijk. Zo is het niet eenvoudig gebleken om de gewenste gegevens uit de databases voor de binnenvaart en de zeescheepvaart te halen. In par. 7.2 en in de afzonderlijke factsheets wordt hier nader op ingegaan.
- De regionalisatie is uitgevoerd op een zeer fijn detailniveau: gridcellen van 50x50m. Dit levert een gedetailleerd beeld op van de locaties van de emissiebronnen en belasting van het oppervlaktewater, wat goede aanknopingspunten geeft voor het formuleren en uitvoeren van gebiedsgerichte maatregelen.
- Uit de prognoses van de ontwikkeling van de emissies voor de jaren 2015 en 2020 (die zijn opgesteld voor het wegverkeer, spoorverkeer, binnenvaart en zeescheepvaart) blijkt dat een forse toename van de emissies kan worden verwacht, voor de meeste sectoren enkele tientallen procenten, oplopend tot een verdubbeling van de aan spoorverkeer gerelateerde emissies. Anderzijds kan ook voor sommige emissiebronnen- en stoffen een daling worden verwacht als gevolg van specifieke maatregelen, bijv. het verbod van TBT bij de zeescheepvaart (zie de factsheets in bijlage E).
- De vergelijking van de emissies vanuit deze studie met de EIW blijkt complex. De indruk bestaat dat de resultaten van deze studie hoogstwaarschijnlijk door het gebruiken van veel havenspecifieke data (vooral emissieverklarende variabelen), deels geactualiseerde emissiefactoren en een zeer gedetailleerde regionalisatie, een hogere betrouwbaarheid heeft dan de EIW-cijfers voor de vergelijkbare bronnen.

- De bronnen die in deze studie zijn gekwantificeerd, betreffen slechts een deel van alle in de EIW opgenomen bronnen. Wanneer de wens van het Gemeentelijk Havenbedrijf is om een betrouwbaar beeld van alle bronnen van de in deze studie behandelde stoffen (metalen, PAK's en nutriënten) te verkrijgen, zal ook goed naar de betrouwbaarheid van de emissies van een aantal andere bronnen moeten worden gekeken (zoals atmosferische depositie en de chemische industrie).
- Er is in deze studie geen link gemaakt met de water(bodem)kwaliteit. Wanneer wordt overwogen om emissiebeperkende maatregelen te formuleren en uit te voeren, verdient het aanbeveling om de informatie uit deze studie, het totaalplaatje van bronnen (deze studie + aanvullende informatie vanuit EIW en de nog ontbrekende bronnen), te combineren met aanvullende informatie over niet in deze studie behandelde bronnen en informatie over waterkwaliteitsprocessen. Slechts dan kan een (kosten)effectieve afweging worden gemaakt welke maatregelen het meest geschikt zijn om de geconstateerde water(bodem)kwaliteitsproblemen in het Antwerpse Havengebied op te lossen. De bronnen die niet in EIW voorkomen zijn onkruidbestrijding verharding, onkruidbestrijding spoorwegen en diffuse verliezen bij op- en overslag. Atmosferische depositie op oppervlaktewater, corrosie staal en op- en overslag van puntlozingen komen wel voor in de EIW. Scheepswerven komen niet voor als aparte categorie in de EIW, maar wellicht zijn er enkele scheepswerven meegenomen bij de diffuse bronnen.

7.2 Aanbevelingen

In deze paragraaf worden de aanbevelingen voor de verbetering van de schattingen van de verschillende bronnen, die in deze studie naar voren zijn gekomen, kort besproken. Hierbij is onderscheid gemaakt in aanbevelingen die betrekking hebben op niet gekwantificeerde bronnen, op wel gekwantificeerde bronnen, op de regionalisatie en op de vergelijking met de EIW.

7.2.1 Niet gekwantificeerde bronnen

Afgevallen bronnen (tijdens deze studie)

Er is in kader van deze studie besloten om voor de emissiebronnen ballastwater en spoelwater van zeevaart en binnenvaart (in tabel 2.1 de emissiebronnen die in grijs zijn weergegeven) geen factsheet op te maken. Redenen daarvoor zijn enerzijds het gebrek aan kwantitatieve of kwantificeerbare data en anderzijds de inschatting dat de bijdrage van deze emissiebronnen beperkt is gezien de geldende en opkomende regelgeving (zie paragraaf 2.5). Mocht het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen in de toekomst wel geïnteresseerd zijn in de emissies voor deze bronnen, dan verdient het aanbeveling om te zorgen voor juiste (meet)data. Daarbij kan gedacht worden aan metingen in spoelwater en ballastwater voor het afleiden van de EF en voor ingezamelde hoeveelheden spoel- en ballastwater voor het inschatten van de EVV.

Niet geselecteerde bronnen (voor deze studie)

Een aantal relevante bronnen zijn niet meegenomen in deze studie. Deze bronnen zijn door het Deltares/VITO consortium als extra te kwantificeren bronnen opgenomen in het projectplan. Het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen heeft besloten deze extra bronnen niet te laten kwantificeren in deze studie. Aanbevolen wordt om deze bronnen in een vervolgstudie te kwantificeren.

- Atmosferische depositie (PAK's en zware metalen)
- Corrosie gegalvaniseerd staal en bladzink (zink en chroom)
- Onkruidbestrijding spoorwegen (bestrijdingsmiddelen)
- Onkruidbestrijding verhard oppervlak (bestrijdingsmiddelen)
- Scheepswerven (PAK's en koper)
- Op en overslag bij bedrijven

Een deel van deze bronnen is in de EIW opgenomen met relatief hoge emissies (bijv. atmosferische depositie) of niet opgenomen, terwijl we wel relevante emissies vanuit de betreffende activiteit of sector verwachten, zoals de morsingen bij op- en overslag van bedrijven en de scheepswerven.

7.2.2 Gekwantificeerde bronnen

Voor de gekwantificeerde bronnen zijn de specifieke aanbevelingen en verbeterpunten terug te vinden in de factsheets. Niet alle verbeterpunten worden hier herhaald, er wordt volstaan met het noemen van de verbeterpunten die de meeste kwaliteitsverbetering met zich mee zouden kunnen brengen. Deze zijn hieronder per activiteit en per emissiebron vermeld.

Zeescheepvaart

Hoewel veel informatie over de zeeschepen en de routes zijn opgenomen in de APICS-database van het Gemeentelijk Havenbedrijf, ontbreekt informatie over de diepgang van de schepen. Daarvoor zijn in deze studie aannames gedaan. Inventarisatie van deze informatie zou kunnen leiden tot aanpassingen van het berekende natte scheepsoppervlak, dat bij deze activiteit als emissieverklarende variabele wordt gebruikt.

Voor de schattingen van de uitloging van de coatings kan de beperkte informatie over het actuele gebruik van verschillende typen coatings als zwakste onderdeel van de berekening worden gezien. Er zijn in deze studie aannames gedaan over het niet meer toepassen van TBT-houdende coatings en over het percentage non-stick coating. Een inventarisatie bij een representatief deel van de zeeschepen zou hier nieuwe relevante inzichten kunnen opleveren.

Voor de corrosie van de anodes van de zeescheepvaart zijn de emissiefactoren de zwakste schakel in de berekening. Zowel het percentage van de verschillende systemen (zink, aluminium of ICPP) als de corrosiesnelheid tijdens stilliggen zijn nu geschat op basis van summier beschikbare gegevens. De eerste zou middels een inventarisatie of enquête bij een aantal schepen kunnen worden verbeterd, het tweede vereist meer complexe metingen en onderzoek.

Binnenvaart

Voor de binnenvaart is veel informatie over scheepsbewegingen beschikbaar in de database van het Gemeentelijk Havenbedrijf. Wat hierin ontbreekt is informatie over de routes die een schip volgt, wanneer het verschillende locaties binnen het Havengebied aandoet tijdens een bezoek. Dit kan als mogelijk verbeterpunt worden gezien.

Voor de uitloging van de coating is een actualisering van de toegepaste typen coating wenselijk. Er wordt nu een gering percentage (1%) PAK-coating aangenomen en een ruwe aanname gedaan voor de verhouding bitumen- en epoxy-coating. Dit zou middels een enquête of steekproef kunnen worden geïnventariseerd.

Bij de emissies vanuit schroefasvet valt op dat vooral het aandeel van de verschillende soorten schroefasvet (loodhoudend, zinkhoudend, biologisch afbreekbaar) en de samenstelling hiervan de zwakste schakel zijn in de berekeningsmethode. Met een enquête of steekproef, gecombineerd met het benutten van productinformatie van de leveranciers, zou hier mogelijk nog een verbeterslag kunnen worden gemaakt.

Bij de corrosie van anodes bij de binnenvaart is vooral de inschatting hoeveel anodes per schip worden gebruikt en welk type (zink, aluminium, mogelijk IC-systemen) een vrij onzekere factor. Dit zou middels een enquête of steekproef kunnen worden geïnventariseerd.

De schattingen voor de lozing van bilgewater zijn nogal onzeker omdat nu wordt aangenomen dat in de haven per tonkm evenveel bilgewater wordt geloosd als op de overige binnenwateren. Aanknopingspunten voor een andere aanname ontbreken op dit moment, maar een nadere inventarisatie bij de binnenvaartschippers zou hier mogelijk nieuwe inzichten kunnen opleveren.

Bij het huishoudelijk afvalwater vanuit de binnenvaart is de meest onzekere factor de aanname dat geen afvalwater wordt ingezameld. Of deze aanname realistisch is, zou middels een enquête of steekproef nader kunnen worden geïnventariseerd.

Waterbouw

De onzekerheid van de gekwantificeerde emissies door smeerolieverlies bij onderhoud van sluizen en bruggen is voornamelijk gerelateerd aan de emissiefactor. Ter verbetering van de emissiefactor is het nodig te beschikken over de samenstelling van de diverse gebruikte smeermiddelen. De nodige gegevens zijn niet beschikbaar in de standaard technische fiches. Om de emissieberekening in de toekomst te verbeteren is het aan te bevelen om bij de aankoop van producten expliciet naar gegevens over de samenstelling (minerale olie gehalte en PAK gehalte) te vragen en deze informatie bij te houden in een databank. Registratie van zowel de gebruikt als de bij onderhoud verwijderde (vuile) smeerolie zou de emissieberekeningen ten goede komen.

De onzekerheid van de gekwantificeerde emissies door corrosie/uitloging van waterbouwkundige constructies is voornamelijk gerelateerd aan de emissiefactor. Ter verbetering van de emissiefactor is het nodig te beschikken over corrosie- of uitloogtesten uitgevoerd op de gebruikte materialen. Voor staalslakken worden de resultaten van een uitloogtest al standaard aangereikt door de leveranciers (vereiste bijlage bij gebruikcertificaat). Het is aan te bevelen om dergelijke informatie eveneens te vragen van leveranciers van asfaltmatten (uitloging) en damwanden (corrosie), en deze informatie bij te houden in een databank. In het bijzonder voor corrosietesten is het van belang dat deze uitgevoerd worden in condities die overeenstemmen met de blootstelling in de Antwerpse haven. De voornaamste aspecten daarbij zijn het zoutgehalte van het water en het type watercontact (spatwater, getijden, permanent onderwater).

Voor de emissieberekening voor damwanden is momenteel uitgegaan van een gemiddelde hoogte van de wand (gedifferentieerd voor LO en RO). Exacte cijfers van de hoogte van de verschillende damwanden dan de EVV berekening nog verbeteren.

Een nauwkeurigere opmeting/registratie van de oppervlakte van de dokbodembescherming (asfaltmatten en staalslakken) zou de emissieberekeningen (EVV) eveneens ten goede komen.

Wegverkeer

De factor met de grootste onzekerheid in de emissieschattingen voor het wegverkeer is de emissieverklarende variabele: de verkeersprestatie. Een uitbreiding van de verkeerstellingen gecombineerd met een onderscheid in voertuigtype (licht en zwaar wegverkeer) zou de kwaliteit van de schattingen verbeteren. Voor een deel van de concessieerreinen zijn geen vervoersprestaties bekend. Middels een dekkende inventarisatie zou dit kunnen worden verbeterd.

Daarnaast wordt nu aangenomen dat alle verontreiniging gerelateerd aan wegverkeer volledig afspoelt naar het regenwaterriool of direct (vanaf de concessieerreinen) afspoelt naar het oppervlaktewater. Er wordt geen rekening gehouden met het mogelijk achterblijven van deeltjes in de bodem tijdens de route van de verontreiniging naar het oppervlaktewater. Aanvullend onderzoek, gecombineerd met metingen in afspoelend regenwater zou hier nieuwe inzichten kunnen opleveren.

Voor de bron lekkage motorolie kan als zwak onderdeel in de berekening nog worden genoemd de emissiefactor, met name voor de RoRo-voertuigen. Aanvullende metingen of literatuurresearch zouden hier mogelijk tot betrouwbaarder schattingen kunnen leiden.

Bij de schattingen voor de wegdekslijtage ontbreekt informatie over wegdektypen op de concessieerreinen en de kades, waar de vervoersprestatie van de havengebonden voertuigen plaatsvindt. Een aanvullende inventarisatie zou hier tot een correctie op de schattingen kunnen leiden.

Voor de bron bandenslijtage kan nog specifiek worden genoemd dat er geen data zijn voor de slijtage van banden van havengebonden voertuigen. Hiervoor is nu een ruwe aanname gedaan, die beter onderbouwd zou kunnen worden middels inventarisatie van bandentypen van havengebonden voertuigen, idealiter gecombineerd met metingen.

Voor de remslijtage kan worden geconcludeerd dat vooral de emissiefactoren nog zou kunnen worden verbeterd. Hierbij zou gebruik kunnen worden gemaakt van een update van de emissiefactoren, die binnen de Nederlandse EmissieRegistratie is voorzien en eind 2012 beschikbaar komt.

Spoorwegen

De onzekerheid van de gekwantificeerde emissies door smeeroieverlies is voornamelijk gerelateerd aan de emissiefactor en de emissieroute. Ter verbetering van de emissiefactor is het nodig te beschikken over de samenstelling van de diverse gebruikte smeermiddelen. De nodige gegevens zijn niet beschikbaar in de standaard technische fiches. Om de emissieberekening in de toekomst te verbeteren is het aan te bevelen om bij de aankoop van producten expliciet naar gegevens over de samenstelling (minerale olie gehalte en PAK gehalte) te vragen en deze informatie bij te houden in een databank. Registratie van zowel de gebruikt als de bij onderhoud verwijderde (vuile) smeerolie zou de emissieberekeningen (EVV) eveneens ten goede komen.

De verdeling over de compartimenten en de emissies naar water kunnen verbeterd worden met betere en meer gedetailleerde informatie over de aard van de ondergrond langs en tussen de sporen.

Calamiteiten

De onzekerheid van de gekwantificeerde emissies door calamiteiten is momenteel zeer groot omdat er bijna geen kwantitatieve basisgegevens over de hoeveelheid gemorste olie (EVV) beschikbaar zijn. Ook informatie over de aard van de gemorste olie ontbreekt (van belang is voor de emissiefactor). Ter verbetering van de emissiefactor is het eveneens nodig te beschikken over de samenstelling (PAK gehalte) van de voornaamste types olie die voorkomen bij calamiteiten in de haven.

De vooropgestelde uitbouw van een registratiesysteem voor calamiteiten en de behandeling ervan, zal dit gebrek ten goede komen indien rekening gehouden wordt met de specifieke aanbevelingen betreffende de registratie geformuleerd in de betreffende factsheet.

7.2.3 Regionalisatie

De regionalisatie van de cijfers toont duidelijk 'hot spots' voor bepaalde bronnen en pollutanten. Dit is belangrijke aanvullende informatie in vergelijking met een emissie inventarisatie voor uitsluitend het totale gebied, in het bijzonder voor de eventuele uitwerking van gerichte maatregelen om emissies te reduceren. De variabiliteit in pollutant concentraties gemeten op verschillende locaties in het havengebied kan dan vergeleken worden met de berekende spreiding van de emissies.

De figuren in dit rapport tonen de emissies gesommeerd per watervak (dok/sluis/geul) op basis van unieke infrastructuurcodes. De onderliggende basisgegevens hebben echter verschillende resoluties. De geografisch gerefereerde basisgegevens zijn in de regionalisatie omgezet naar verrasterde EVV-kaarten met een resolutie van 50 bij 50 meter. De emissies per bron zijn vervolgens berekend per gridcel door vermenigvuldiging met de overeenkomstige emissiefactor. De geregionaliseerde emissies zijn dus berekend met een resolutie van 50 bij 50 meter. Er kan geaggregeerd worden tot het gewenste niveau om de emissies per bron te kwantificeren voor bepaalde geografisch afgelijnde gebieden (bijvoorbeeld per dokzone of linkeroever/recheroever/Schelde).

7.2.4 Vergelijking EIW

De vergelijking van de emissies van de bronnen, die zowel in deze studie als in de EIW voorkomen, toont aan dat er voor veel bronnen en een groot aantal stoffen forse verschillen bestaan tussen beide schattingen. Aanbevolen wordt om na te gaan welk deel van de nieuwe inzichten zouden kunnen worden gebruikt om (onderdelen van) de EIW te verbeteren, uit te breiden of te actualiseren.

8 Literatuur

Gebruikte literatuur voor deze rapportage:

- [1] Referentie: Het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen, Havenkapiteindienst, Infonota 35 – Lozen van ballastwater, 01/09/2005. (Afgehaald van website <http://www.portofantwerp.com/nl/my-poa/info-notes/infonota-35-lozen-van-ballastwater-op-05/07/2012>.)
- [2] Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen, Raad van Bestuur 121008, Kennisname nota actualisatie EOS studie, 27/03/2012.
- [3] Database “prognoses”, geleverd door Het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen op 29 mei 2012, op basis van: ECSA, Verbeke A., Haezendonck E., Dooms M. iov GHA, Actualisatie van de maritieme prognoses van de Economische Ontwikkelingsstudie (EOS), 2011.
- [4] Most, P.F.J. van der, van Loon, M.M.J., Aulbers, J.A.W. en van Daelen, H.J.A.M., juli 1998. Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water. Publicatiereeks Emissieregistratie, nr. 44.
- [5] Syncera Water B.V., 2005. Emissie-Inventaris Water.
- [6] Engelen G., Van Esch, L. Evolutie van de emissies in water uit corrosie van bouwmaterialen aan de hand van de referentie jaren 1998, 2002 en 2005. MIRA-rapport MIRA/2007/08, december 2007, 81 blz.
- [7] Roovaart, J.C. van den et al, Kwantificering van de wateremissies van PAK in Vlaanderen, Deltares, 2009.
- [8] <http://www.vmm.be/water/toestand-watersystemen/waar-meten-we-het-water/meetnet-afvalwater/inventarisatie>

De literatuurlijsten die gebruikt zijn voor het maken van de factsheets staan vermeld in de betreffende factsheets.

A Resultaten bruto en netto emissies in absolute cijfers

Tabel A.1 Bruto en netto emissies zware metalen in absolute cijfers (kg/jaar) in 2010.

Bruto/netto emissies (kg)	aluminium	arseen	cadmium	chroom	koper	kwik	nikkel	lood	zink
Binnenscheepvaart-Anodes	396								520
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater		0,30	0,10	0,30	8,4	0,02	0,6	1,0	12
Binnenscheepvaart-Schroefasvet									3,8
Waterbouw-Anodes	1,1		0,01						16
Waterbouw-Corrosie		0,10	0,02	83	0,04	0,004	53	0,10	0,10
Wegverkeer-Bandenslijtage		0,12	0,12	1,2	6,2		6,2	12	1 580
Wegverkeer-Lekkage motorolie		0,03	0,00	0,03	0,13		0,01	0,6	3,2
Wegverkeer-Remslijtage			0,02		185		0,19	19	19
Zeescheepvaart-Anodes	503								9 742
Zeescheepvaart-Coatings					5 393				
Totaal	900	0,6	0,28	84	5 594	0,02	60	33	11 896

Tabel A.2 Bruto emissies PAK's in absolute cijfers (kg/jaar) in 2010.

Bruto emissies (kg)	acenaftheen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]antraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]antraceen	fenanthreen	fluorantheen	fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16	Minerale olie
Binnenscheepvaart-Bilgewater	0,13	0,14	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,03	0,11	0,00	0,27	0,02	0,95	127
Binnenscheepvaart-Coating	0,55	0,55	0,40	0,49	0,49	0,55	0,31	0,24	0,31	0,55	0,45	0,36	0,55	1,87	3,25	0,55	11	
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,00	0,02	0,01	0,15	
Binnenscheepvaart-Schroefasvet																		1 141
Oliecalamiteiten	4,47	4,79	1,35	0,19	0,09	0,00	0,00	0,00	0,09	0,02	6,85	0,93	4,03	0,00	9,73	0,72	33	8 460
Spoorverkeer-Smeerolie	1,16	1,24	0,35	0,05	0,02	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	1,74	0,23	1,05	0,02	2,51	0,19	8,64	1 162
Waterbouw-Corrosie	0,17	0,17	0,23	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	1,47	0,03	0,58	0,00	4,61	0,07	7,37	
Waterbouw-Onderhoud	0,07	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,01	0,06	0,00	0,15	0,01	0,53	71
Wegverkeer-Bandenslijtage	0,12	0,36	0,36	0,45	0,36	1,05	1,16	0,60	1,71	0,16	0,73	1,53	0,12	0,14	0,46	1,49	11	
Wegverkeer-Lekkage motorolie	0,01	0,01	0,08	0,15	0,06	0,06	0,28	0,06	0,17	0,01	0,77	0,21	0,26	0,05	0,20	0,46	2,84	3 096
Wegverkeer-Wegdekslijtage	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,06	
Totaal	6,70	7,34	2,83	1,34	1,04	1,70	1,77	0,93	2,36	0,74	12,34	3,37	6,77	2,10	21,22	3,51	76	14 057

Tabel A.3 Netto emissies PAK's in absolute cijfers (kg/jaar) in 2010.

Netto emissies (kg)	acenaftheen	acenaftyleen	antracene	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenanthreen	fluorantheen	fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16	Minerale olie
Binnenscheepvaart-Bilgewater	0,13	0,14	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,03	0,11	0,00	0,27	0,02	0,95	127
Binnenscheepvaart-Coating	0,55	0,55	0,40	0,49	0,49	0,55	0,31	0,24	0,31	0,55	0,45	0,36	0,55	1,87	3,25	0,55	11	
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,00	0,02	0,01	0,15	
Binnenscheepvaart-Schroefasvet																		1 141
Oliecalamiteiten	4,47	4,79	1,35	0,19	0,09	0,00	0,00	0,00	0,09	0,02	6,85	0,93	4,03	0,00	9,73	0,72	33,27	8 460
Spoorverkeer-Smeerolie	0,06	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,01	0,05	0,00	0,13	0,01	0,43	58
Waterbouw-Corrosie	0,17	0,17	0,23	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	1,47	0,03	0,58	0,00	4,61	0,07	7,37	
Waterbouw-Onderhoud	0,05	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,01	0,05	0,00	0,12	0,01	0,40	53
Wegverkeer-Bandenslijtage	0,12	0,36	0,36	0,45	0,36	1,05	1,16	0,60	1,71	0,16	0,73	1,53	0,12	0,14	0,46	1,49	11	
Wegverkeer-Lekkage motorolie	0,01	0,01	0,08	0,15	0,06	0,06	0,28	0,06	0,17	0,01	0,77	0,21	0,26	0,05	0,20	0,46	2,84	3 096
Wegverkeer-Wegdekslijtage	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,06	
Totaal	5,58	6,14	2,49	1,29	1,02	1,68	1,77	0,91	2,34	0,74	10,66	3,15	5,76	2,08	19	3,33	68	12 935

Tabel A.4 Bruto en netto emissies nutriënten en CSV in absolute cijfers (kg/jaar) in 2010.

Bruto/netto emissies (kg)	CZV	N	P
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater	50 458	6 606	1 031

B Emissiebronnen EIW - absolute emissiecijfers

Emissiebronnen uit de EIW, toegepast op het Antwerpse Havengebied voor zware metalen, PAK's en nutriënten staan weergegeven in onderstaande tabellen.

Tabel B.1 Emissiebronnen uit de EIW voor zware metalen: absolute verdeling van de netto emissies per bron op Linkeroever (havengebied LO).

	arsenen	cadmium	chromium	koper	kwik	nikkel	lood	zink
Bronnen uit EIW								
afvalverwerking	0,07	0,05	0,01	0,01	0,00	0,75	0,01	0,21
atmosferische depositie op land & water								
atmosferische depositie op water	1,85	0,64	2,61	14	0,08	4,21	22	87
bouwnijverheid								
chemische industrie	70	0,93	12	36	0,12	73	4,76	757
corrosie gebouw schil				4,11			18	358
corrosie leidingen				8,19			5,19	34
dierlijke mest	0,01	0,00	0,13	2,23	0,00	0,13	0,14	6,54
erosie bodem	3,54	0,16	7,36	3,97	0,15	2,47	8,82	15
financiële instellingen& openbaar bestuur								
gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlenin	0,00	0,00	0,01	0,12	0,00	0,01	0,01	0,35
groot- en kleinhandel, reparaties auto's	0,01	0,00	0,04	0,09	0,00	0,02	0,02	0,50
hotels en restaurants	0,00	0,00	0,01	0,12	0,00	0,01	0,01	0,24
houtverduurzaming								
huishoudens	0,07	0,00	0,28	1,33	0,00	0,23		0,44
industriële reiniging	0,00	0,00	6,71	0,02	0,00	0,80	0,01	25
mijnbouw	0,27	0,00	0,36	0,22	0,00	0,36	0,20	1,25
onderwijs	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,12
overige dienstverlening	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,10
papier- en kartonnijverheid	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
prod. v. metaal								
productie en distributie van elektriciteit, gas	5,90	0,05	9,18	3,23	0,11	1,86	1,01	34
recyclage van afval	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
rubber en kunststofnijverheid	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
textiel								
toerisme en recreatie								
uitgeverijen, drukkerijen	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03
vervaardigen van meubels								
vervaardiging transportmiddelen								
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten								
vervaardiging van machines, apparaten en werktuig	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten	0,01	0,00	0,06	0,58	0,00	0,01	0,01	3,21
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation	0,01	0,00	0,00	0,08	0,00	0,08	0,01	0,64

	arseen	cadmium	chromium	koper	kwik	nikkel	lood	zink
wassen en chemisch reinigen	0,03	0,00	0,09	0,29	0,00	0,07	0,23	2,30
Bronnen uit EIW (VMM) die ook werden onderzocht in studie GHA								
wegverkeer - bandenslijtage								
binnenscheepvaart - bilgeswater								
binnenscheepvaart - coating								
waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen				629				8,93
wegverkeer - lekkage motorolie	0,00	0,00	0,09	0,55		0,00	0,53	39
wegverkeer - slijtage banden	0,01	0,03	0,05	6,12		0,25	1,99	118
wegverkeer - slijtage wegdek		0,05	1,87	0,56		0,93	0,70	1,62
spoorverkeer - slijtage bovenleidingen								
spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken								
zeevaart - uitloging antifouling				501				
binnenscheepvaart - verlies schroefasvet								1,00
wegverkeer - wegdekslijtage		0,05	1,87	0,56		0,93	0,70	1,62
Totaal (kg)	82	1,9	41	1 212	0,5	85	63	1 495

Tabel B.2: Emissiebronnen uit de EIW voor PAK: absolute verdeling van de netto emissies per bron op Linkeroever (havengebied LO).

	acenafteen	acenaftyleen	antracene	benzo[a]anthracene	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluoranthene	benzo[g,h,i]perylene	benzo[k]fluoranthene	chryseen	dibenzo[a,h]anthracene	fenantreen	fluoranthene	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16
Bronnen uit EIW																	
afvalverwerking			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
atmosferische depositie op land & water	0,00	0,00	0,33	1,17	1,41	1,72	1,36	0,74	1,85	0,16	2,05	3,68	0,22	1,38	0,00	2,85	18,92
atmosferische depositie op water																	
bouwnijverheid																	
chemische industrie	0,22	0,53	0,25	0,06	0,07	0,25	0,24	0,04	0,09	0,01	0,10	1,12	0,29	0,10	0,10	0,51	3,98
corrosie gebouw schil																	
corrosie leidingen																	
dierlijke mest																	
erosie bodem																	
financiële instellingen& openbaar bestuur																	
gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening																	
groot- en kleinhandel, reparaties auto's																	
hotels en restaurants																	
houtverduurzaming	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02
huishoudens	0,06	0,06	0,01	0,02	0,04	0,06	0,01	0,01	0,04	0,06	0,13	0,22	0,06	0,01	0,15	0,08	1,02
industriële reiniging	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,00		0,00		0,00		0,00	0,00	0,02
mijnbouw																	
onderwijs																	
overige dienstverlening																	
papier- en kartonnijverheid																	
prod. v. metaal																	
productie en distributie van elektriciteit, gas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,08	0,01	0,16
recyclage van afval																	

	acenafteen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenantreen	fluorantheen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK 16
rubber en kunststofnijverheid																	
textiel																	
toerisme en recreatie	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,07	0,01	0,12
uitgeverijen, drukkerijen																	
vervaardigen van meubels+overige																	
vervaardiging transportmiddelen																	
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten																	
vervaardiging van machines, apparaten en werktuig																	
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten																	
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen																	
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation																	
wassen en chemisch reinigen																	
Bronnen uit EIW (VMM) die ook werden onderzocht in studie GHA																	
wegverkeer - bandenslijtage	0,05	0,17	0,06	0,20	0,17	0,51	0,39	0,28	0,74	0,05	0,34	0,59	0,05	0,06	0,22	0,74	4,61
binnenscheepvaart - bilgeswater	0,02	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,05	0,00	0,18
binnenscheepvaart - coating	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,43	0,03	0,82
waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen																	
wegverkeer - lekkage motorolie	0,12	0,06	0,08	0,10	0,11	0,06	0,13	0,06	0,11	0,06	0,59	0,12	0,06	0,04	3,55	0,12	5,36
wegverkeer - slijtage banden																	
wegverkeer - slijtage wegdek																	
spoorverkeer - slijtage bovenleidingen																	
spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken																	
zeevaart - uitloging antifouling																	
binnenscheepvaart - verlies schroefasvet																	
wegverkeer - wegdekslijtage	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	0,15	0,06	0,04	0,12	0,11	0,60	0,38	0,11	0,06	0,00	0,11	2,30
Totaal (kg)	0,63	0,99	0,87	1,71	1,93	2,79	2,21	1,21	2,97	0,50	3,89	6,15	0,87	1,67	4,67	4,46	37,51

Tabel B.3 Emissiebronnen uit de EIW voor nutriënten: absolute verdeling van de netto emissies per bron op Linkeroever (havengebied LO).

	BZV5	CZV	N (ton)	P (ton)
Bronnen uit EIW				
afvalverwerking	884	2 899	240	5,3
atmosferische depositie op land & water				
atmosferische depositie op water				
bouwnijverheid	41	313	299	44
chemische industrie	171 215	2 922 261	149 415	13 636
corrosie gebouw schil				
corrosie leidingen				
dierlijke mest			57 407	4 517
erosie bodem				
financiële instellingen& openbaar bestuur				
gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening	376	820	74	14
groot- en kleinhandel, reparaties auto's	255	585	29	8,2
hotels en restaurants	571	1 199	98	18
houtverduurzaming				
huishoudens	8 058	18 873	2 057	297
industriële reiniging	1 180	27 525	3 607	101
mijnbouw		493	124	13
onderwijs	72	194	27	3,7
overige dienstverlening	87	177	37	3,8
papier- en kartonnijverheid	9,5	19	1,0	0,0
prod. v. metaal				
productie en distributie van elektriciteit, gas	1 588	12 383	11 032	231
recyclage van afval	0,5	1,7	0,3	0,1
rubber en kunststofnijverheid	1,5	4,8	0,5	0,0
textiel				
toerisme en recreatie				
uitgeverijen, drukkerijen	89	198	7,7	1,3
vervaardigen van meubels				
vervaardiging transportmiddelen				
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten				
vervaardiging van machines, apparaten en werktuig	2,7	10	1,4	0,5
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten	3 721	8 665	1 810	0,4
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen	117	220	10	2,2
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation	106	196	25	8,5
wassen en chemisch reinigen	735	1 937	31	12
Bronnen uit EIW (VMM) die ook werden onderzocht in studie GHA				
wegverkeer - bandenslijtage				
binnenscheepvaart - bilgeswater				
binnenscheepvaart - coating				
waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen				
wegverkeer - lekkage motorolie				
wegverkeer - slijtage banden				
wegverkeer - slijtage wegdek				
spoorverkeer - slijtage bovenleidingen				
spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken				
zeevaart - uitloging antifouling				
binnenscheepvaart - verlies schroefasvet				
wegverkeer - wegdekslijtage				
Totaal (kg)	189 109	2 998 976	226 332	18 917

Tabel B.4: Emissiebronnen uit de EIW voor zware metalen: absolute verdeling van de netto emissies per bron op Rechteroever (havengebied RO).

	arsen	cadmium	chrom	koper	kwik	nikkel	lood	zink
Bronnen uit EIW								
afvalverwerking	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
atmosferische depositie op land & water								
atmosferische depositie op water	3,6	1,3	5,1	27	0,16	8,2	42	171
bouwnijverheid								
chemische industrie	2,8	0,00	47	86	6,4	133	4,1	1680
corrosie gebouw schil				6,83			67	1401
corrosie leidingen				24			16	86
dierlijke mest	0,00	0,00	0,01	0,20	0,00	0,01	0,01	0,58
erosie bodem	3,5	0,16	7,3	3,9	0,15	2,4	8,7	15
financiële instellingen & openbaar bestuur		0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,03
gezondheidszorg & maatschappelijke dienstverlening	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
groot- en kleinhandel, reparaties auto's	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
hotels en restaurants	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05
houtverduurzaming								
huishoudens	0,01	0,00	0,05	0,23	0,00	0,04		0,08
industriële reiniging	0,62	0,00	3,8	5,3	0,00	22	0,72	37
mijnbouw								
onderwijs	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
overige dienstverlening	0,01	0,03	0,08	0,22	0,00	0,10	0,07	0,54
papier- en kartonnijverheid	0,00	0,00	0,00	0,59	0,00	0,05	0,01	0,31
prod. v. metaal	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,05	0,00	0,23
productie en distributie van elektriciteit, gas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
recyclage van afval	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
rubber en kunststofnijverheid	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
textiel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
toerisme en recreatie								
uitgeverijen, drukkerijen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
vervaardigen van meube	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
vervaardiging transportmiddelen	0,01	0,12	0,36	7,0	0,02	57	0,53	29
vervaardiging van geraf. aardolieproducten	21		5,8	35	0,71	34	0,00	564
vervaardiging van machines, apparaten en werktuig	0,00	0,00	0,01	0,14	0,00	1,7	0,06	1,0
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen	1,6	0,00	0,43	16	0,00	4,4	2,4	41
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation	0,00	0,00	0,00	6,5	0,00	4,8	0,12	51
wassen en chemisch reinigen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Bronnen uit EIW die ook werden onderzocht in onderhavige studie								
wegverkeer - bandenslijtage								
binnenscheepvaart - bilgeswater								
binnenscheepvaart - coating								
waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen				987				14
wegverkeer - lekkage motorolie	0,00	0,00	0,14	0,84		0,00	0,81	59
wegverkeer - slijtage banden	0,04	0,08	0,15	18		0,76	6,04	358
wegverkeer - slijtage wegdek		0,06	2,2	0,67		1,1	0,84	1,9

	arsen	cadmium	chrom	koper	kwik	nikkel	lood	zink
spoorverkeer - slijtage bovenleidingen				476				
spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken				47			19	
zeevaart - uitloging antifouling				1881				
binnenscheepvaart - verlies schroefasvet								2,0
wegverkeer - wegdekslijtage		0,06	2,21	0,67		1,1	0,84	1,9
Totaal (kg)	34	1,70	73	3 631	7,42	270	168	4 511

Tabel B.5 Emissiebronnen uit de EIW voor PAK: absolute verdeling van de netto emissies per bron op Rechteroever (havengebied RO).

	acenafteen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenantreen	fluorantheen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16
Bronnen uit EIW																	
afvalverwerking																	
atmosferische depositie op land & water	0,01	0,01	1,65	5,81	7,29	8,18	6,92	3,47	9,08	1,00	9,65	15	0,85	6,27	0,01	12,49	88
atmosferische depositie op water																	
bouwnijverheid																	
chemische industrie	0,13	3,76	0,69	0,27	0,61	0,43	0,26	0,13	0,51	0,07	0,85	0,27	0,66	0,20	1,62	0,82	11
corrosie gebouw schil																	
corrosie leidingen																	
dierlijke mest																	
erosie bodem																	
financiële instellingen& openbaar bestuur																	
gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening																	
groot- en kleinhandel, reparaties auto's																	
hotels en restaurants																	
houtverduurzaming	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,08
huishoudens	0,47	0,47	0,05	0,17	0,26	0,47	0,06	0,10	0,27	0,47	0,94	1,61	0,47	0,05	1,09	0,61	7,58
industriële reiniging	0,02	0,06	0,02	0,05	0,07	0,08	0,25	0,02	0,06	0,02	0,03	0,09	0,05	0,09	0,14	0,11	1,14
mijnbouw																	
onderwijs																	
overige dienstverlening																	
papier- en kartonnijverheid																	
prod. v. metaal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		0,00
productie en distributie van elektriciteit, gas																	
recyclage van afval																	
rubber en kunststofnijverheid																	

	acenafteen	acenaftyteen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]perylene	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenantreen	fluorantheen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK 16
textiel																	
toerisme en recreatie	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,07	0,01	0,11
uitgeverijen, drukkerijen																	
vervaardigen van meubels																	
vervaardiging transportmiddelen	0,00	0,00	0,00	0,00							0,00	0,03	0,00		0,00		0,04
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten	1,01	0,62	1,16	5,00	1,57	0,42	1,80	0,21	3,19	0,36	6,03	0,84	2,80	0,17	0,61	8,07	34
vervaardiging van machines, apparaten en werktuig																	
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten																	
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen																	
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,05	0,04	0,27
wassen en chemisch reinigen																	
Bronnen uit EIW die ook werden onderzocht in onderhavige studie																	
wegverkeer - bandenslijtage	0,12	0,41	0,16	0,49	0,41	1,24	0,95	0,69	1,81	0,12	0,82	1,44	0,12	0,15	0,54	1,81	11
binnenscheepvaart - bilgeswater	0,05	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,07	0,00	0,04	0,00	0,10	0,01	0,35
binnenscheepvaart - coating	0,31	0,31	0,26	0,27	0,27	0,31	0,26	0,13	0,26	0,31	0,51	0,51	0,31	0,33	5,16	0,31	9,80
waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen																	
wegverkeer - lekkage motorolie	0,47	0,23	0,30	0,41	0,42	0,23	0,52	0,23	0,42	0,23	2,34	0,47	0,23	0,15	14	0,47	21
wegverkeer - slijtage banden																	
wegverkeer - slijtage wegdek																	
spoorverkeer - slijtage bovenleidingen																	
spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken																	
zeevaart - uitloging antifouling																	
binnenscheepvaart - verlies schroefasvet																	
wegverkeer - wegdekslijtage	0,49	0,49	0,49	0,52	0,47	0,63	0,25	0,18	0,51	0,49	2,57	1,63	0,49	0,24	0,04	0,41	9,90
Totaal (kg)	3,1	6,5	4,8	13	11	12	11	5,2	16	3,1	24	22	6,1	7,6	24	25	195

Tabel B.6 Emissiebronnen uit de EIW voor nutriënten: absolute verdeling van de netto emissies per bron op Rechteroever (havengebied RO).

	BZV5	CZV	N (ton)	P (ton)
Bronnen uit EIW				
afvalverwerking	0,02	0,20	0,07	0,00
atmosferische depositie op land & water				
atmosferische depositie op water				
bouwnijverheid				
chemische industrie	223 397	2 722 166	399 869	26 804
corrosie gebouw schil				
corrosie leidingen				
dierlijke mest			3 653	137
erosie bodem				
financiële instellingen& openbaar bestuur	22	48	4,58	0,67
gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening	26	57	5,14	0,96
groot- en kleinhandel, reparaties auto's	20	45	2,22	0,63
hotels en restaurants	124	261	21	3,89
houtverduurzaming				
huishoudens	1 413	3 310	361	52
industriële reiniging	2 932	87 721	11 718	301
mijnbouw				
onderwijs	13	34	4,80	0,66
overige dienstverlening	192	531	89	8,48
papier- en kartonnijverheid	1 267	2 508	128	5,47
prod. v. metaal	168	807	913	73
productie en distributie van elektriciteit, gas	0,02	0,04	0,03	0,00
recyclage van afval	0,03	0,10	0,00	0,00
rubber en kunststofnijverheid	0,25	0,82	0,08	0,00
textiel	0,10	0,38	0,01	0,00
toerisme en recreatie				
uitgeverijen, drukkerijen	6,39	14	0,55	0,09
vervaardigen van meubels	0,05	0,20	0,01	0,00
vervaardiging transportmiddelen	1 535	18 648	5 185	444
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten	137 770	992 235	224 277	6 977
vervaardiging van machines, apparaten en werktuig	90	2 691	1 257	34
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten	0,31	0,87	0,25	0,01
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen	4 219	114 626	5 841	7 894
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation	1 351	15 720	1 115	239
wassen en chemisch reinigen	13	33	0,57	0,26
Bronnen uit EIW die ook werden onderzocht in onderhavige studie				
wegverkeer - bandenslijtage				
binnenscheepvaart - bilgeswater				
binnenscheepvaart - coating				
waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen				
wegverkeer - lekkage motorolie				
wegverkeer - slijtage banden				
wegverkeer - slijtage wegdek				
spoorverkeer - slijtage bovenleidingen				
spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken				
zeevaart - uitloging antifouling				
binnenscheepvaart - verlies schroefasvet				
wegverkeer - wegdekslijtage				
Totaal (kg)	374 560	3 961 458	654 447	42 974

C Emissiebronnen EIW – Procentuele verdeling van de emissies per bron op Linkeroever en Rechteroever

Tabel C.1 Emissiebronnen uit de EIW voor zware metalen: procentuele verdeling van de netto emissies per bron op Linkeroever (havengebied LO).

	arsen	cadmium	chrom	koper	kwik	nikkel	lood	zink
Bronnen uit EIW								
afvalverwerking	0%	2%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
atmosferische depositie op land & water								
atmosferische depositie op water	2%	33%	6%	1%	17%	5%	34%	6%
bouwnijverheid								
chemische industrie	86%	49%	29%	3%	26%	86%	8%	51%
corrosie gebouw schil				0%			29%	24%
corrosie leidingen				1%			8%	2%
dierlijke mest	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
erosie bodem	4%	8%	18%	0%	32%	3%	14%	1%
financiële instellingen& openbaar bestuur								
gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlenin	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
groot- en kleinhandel, reparaties auto's	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
hotels en restaurants	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
houtverduurzaming								
huishoudens	0%	0%	1%	0%	1%	0%		0%
industriële reiniging	0%	0%	16%	0%	0%	1%	0%	2%
mijnbouw	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
onderwijs	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
overige dienstverlening	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
papier- en kartonnijverheid	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
prod. v. metaal								
productie en distributie van elektriciteit, gas	7%	3%	22%	0%	23%	2%	2%	2%
recyclage van afval	0%		0%	0%	0%	0%	0%	0%
rubber en kunststofnijverheid	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
textiel								
toerisme en recreatie								
uitgeverijen, drukkerijen	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
vervaardigen van meubels								
vervaardiging transportmiddelen								
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten								
vervaardiging van machines, apparaten en werktuig	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
wassen en chemisch reinigen	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bronnen uit EIW (VMM) die ook werden onderzocht in studie GHA								
wegverkeer - bandenslijtage								
binnenscheepvaart - bilgeswater								
binnenscheepvaart - coating								
waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen				52%				1%
wegverkeer - lekkage motorolie	0%	0%	0%	0%		0%	1%	3%
wegverkeer - slijtage banden	0%	1%	0%	1%		0%	3%	8%

	arsen	cadmium	chrom	koper	kwik	nikkel	lood	zink
wegverkeer - slijtage wegdek		2%	5%	0%		1%	1%	0%
spoorverkeer - slijtage bovenleidingen								
spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken								
zeevaart - uitloging antifouling				41%				
binnenscheepvaart - verlies schroefasvet								0%
wegverkeer - wegdekslijtage		2%	5%	0%		1%	1%	0%
Totaal (kg)	82	1,9	41	1 212	0,5	85	63	1 495

Tabel C.2: Emissiebronnen uit de EIW voor PAK: procentuele verdeling van de netto emissies per bron op Linkeroever (havengebied LO).

	acenaftéen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluoranthéen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluoranthéen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenantreen	fluoranthéen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16
Bronnen uit EIW																	
afvalverwerking			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%	0%	0%		0%	0%
atmosferische depositie op land & water	1%	0%	38%	68%	73%	62%	61%	61%	62%	33%	53%	60%	26%	82%	0%	64%	50%
atmosferische depositie op water																	
bouwnijverheid																	
chemische industrie	34%	53%	28%	4%	4%	9%	11%	4%	3%	1%	3%	18%	34%	6%	2%	11%	11%
corrosie gebouw schil																	
corrosie leidingen																	
dierlijke mest																	
erosie bodem																	
financiële instellingen& openbaar bestuur																	
gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening																	
groot- en kleinhandel, reparaties auto's																	
hotels en restaurants																	
houtverduurzaming	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
huishoudens	10%	6%	1%	1%	2%	2%	0%	1%	1%	13%	3%	4%	7%	0%	3%	2%	3%
industriële reiniging	1%	0%	0%	0%	0%				0%		0%		0%		0%	0%	0%
mijnbouw																	
onderwijs																	
overige dienstverlening																	
papier- en kartonnijverheid																	
prod. v. metaal																	
productie en distributie van elektriciteit, gas	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	2%	0%	0%	0%	1%	2%	0%	0%
recyclage van afval																	
rubber en kunststofnijverheid																	
textiel																	

	acenafteen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenantreen	fluorantheen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16
toerisme en recreatie	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%
uitgeverijen, drukkerijen																	
vervaardigen van meubels+overige																	
vervaardiging transportmiddelen																	
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten																	
vervaardiging van machines, apparaten en werktuig																	
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten																	
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen																	
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation																	
wassen en chemisch reinigen																	
Bronnen uit EIW (VMM) die ook werden onderzocht in studie GHA																	
wegverkeer - bandenslijtage	8%	17%	7%	12%	9%	18%	18%	23%	25%	10%	9%	10%	6%	4%	5%	17%	12%
binnenscheepvaart - bilgeswater	4%	3%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	3%	0%	1%	0%	0%
binnenscheepvaart - coating	4%	3%	3%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	5%	1%	1%	3%	2%	9%	1%	2%
waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen																	
wegverkeer - lekkage motorolie	19%	6%	9%	6%	6%	2%	6%	5%	4%	12%	15%	2%	7%	2%	76%	3%	14%
wegverkeer - slijtage banden																	
wegverkeer - slijtage wegdek																	
spoorverkeer - slijtage bovenleidingen																	
spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken																	
zeevaart - uitloging antifouling																	
binnenscheepvaart - verlies schroefasvet																	
wegverkeer - wegdekslijtage	18%	11%	13%	7%	6%	5%	3%	3%	4%	23%	15%	6%	13%	3%	0%	2%	6%
Totaal (kg)	0,63	0,99	0,87	1,71	1,93	2,79	2,21	1,21	2,97	0,50	3,89	6,15	0,87	1,67	4,67	4,46	37,51

Tabel C.3 Emissiebronnen uit de EIW voor nutriënten: procentuele verdeling van de netto emissies per bron op Linkeroever (havengebied LO).

	BZV5	CZV	N (ton)	P (ton)
Bronnen uit EIW				
afvalverwerking	0%	0%	0%	0%
atmosferische depositie op land & water				
atmosferische depositie op water				
bouwnijverheid	0%	0%	0%	0%
chemische industrie	91%	97%	66%	72%
corrosie gebouw schil				
corrosie leidingen				
dierlijke mest			25%	24%
erosie bodem				
financiële instellingen& openbaar bestuur				
gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening	0%	0%	0%	0%
groot- en kleinhandel, reparaties auto's	0%	0%	0%	0%
hotels en restaurants	0%	0%	0%	0%
houtverduurzaming				
huishoudens	4%	1%	1%	2%
industriële reiniging	1%	1%	2%	1%
mijnbouw		0%	0%	0%
onderwijs	0%	0%	0%	0%
overige dienstverlening	0%	0%	0%	0%
papier- en kartonnijverheid	0%	0%	0%	0%
prod. v. metaal				
productie en distributie van elektriciteit, gas	1%	0%	5%	1%
recyclage van afval	0%	0%	0%	0%
rubber en kunststofnijverheid	0%	0%	0%	0%
textiel				
toerisme en recreatie				
uitgeverijen, drukkerijen	0%	0%	0%	0%
vervaardigen van meubels				
vervaardiging transportmiddelen				
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten				
vervaardiging van machines, apparaten en werktuig	0%	0%	0%	0%
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten	2%	0%	1%	0%
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen	0%	0%	0%	0%
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation	0%	0%	0%	0%
wassen en chemisch reinigen	0%	0%	0%	0%
Bronnen uit EIW (VMM) die ook werden onderzocht in studie GHA				
wegverkeer - bandenslijtage				
binnenscheepvaart - bilgeswater				
binnenscheepvaart - coating				
waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen				
wegverkeer - lekkage motorolie				
wegverkeer - slijtage banden				
wegverkeer - slijtage wegdek				
spoorverkeer - slijtage bovenleidingen				
spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken				
zeevaart - uitloging antifouling				
binnenscheepvaart - verlies schroefasvet				
wegverkeer - wegdekslijtage				
Totaal (kg)	189 109	2 998 976	226 332	18 917

Tabel C.4: Emissiebronnen uit de EIW voor zware metalen: procentuele verdeling van de netto emissies per bron op Rechteroever (havengebied RO).

	arsen	cadmium	chrom	koper	kwik	nikkel	lood	zink
Bronnen uit EIW								
afvalverwerking	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
atmosferische depositie op land & water								
atmosferische depositie op water	11%	74%	7%	1%	2%	3%	25%	4%
bouwnijverheid								
chemische industrie	8%	0%	65%	2%	86%	49%	2%	37%
corrosie gebouw schil				0%			40%	31%
corrosie leidingen				1%			9%	2%
dierlijke mest	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
erosie bodem	10%	9%	10%	0%	2%	1%	5%	0%
financiële instellingen & openbaar bestuur		0%	0%	0%		0%	0%	0%
gezondheidszorg & maatschappelijke dienstverlening	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
groot- en kleinhandel, reparaties auto's	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
hotels en restaurants	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
houtverduurzaming								
huishoudens	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
industriële reiniging	2%	0%	5%	0%	0%	8%	0%	1%
mijnbouw								
onderwijs	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
overige dienstverlening	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
papier- en kartonnijverheid	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
prod. v. metaal	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
productie en distributie van elektriciteit, gas	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
recyclage van afval	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
rubber en kunststofnijverheid	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
textiel	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
toerisme en recreatie								
uitgeverijen, drukkerijen	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
vervaardigen van meube	0%		0%	0%	0%	0%	0%	0%
vervaardiging transportmiddelen	0%	7%	0%	0%	0%	21%	0%	1%
vervaardiging van geraf. aardolieproducten	64%		8%	1%	10%	12%	0%	12%
vervaardiging van machines, apparaten en werktuig	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen	5%	0%	1%	0%	0%	2%	1%	1%
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	1%
wassen en chemisch reinigen	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bronnen uit EIW die ook werden onderzocht in onderhavige studie								
wegverkeer - bandenslijtage								
binnenscheepvaart - bilgeswater								
binnenscheepvaart - coating								
waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen				27%				0%
wegverkeer - lekkage motorolie	0%	0%	0%	0%		0%	0%	1%
wegverkeer - slijtage banden	0%	4%	0%	1%		0%	4%	8%
wegverkeer - slijtage wegdek		3%	3%	0%		0%	0%	0%
spoorverkeer - slijtage bovenleidingen				13%				
spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken				1%			11%	
zeevaart - uitloging antifouling				52%				
binnenscheepvaart - verlies schroefasvet								0%
wegverkeer - wegdekslijtage		3%	3%	0%		0%	0%	0%
Totaal (kg)	34	1,70	73	3 631	7,42	270	168	4 511

Tabel C.5 Emissiebronnen uit de EIW voor PAK: procentuele verdeling van de netto emissies per bron op Rechteroever (havengebied RO).

	acenafteen	acenaftyeen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]perylene	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenantreen	fluorantheen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16
Bronnen uit EIW																	
afvalverwerking																	
atmosferische depositie op land & water	0%	0%	34%	45%	64%	68%	61%	67%	56%	33%	40%	69%	14%	82%	0%	50%	45%
atmosferische depositie op water																	
bouwnijverheid																	
chemische industrie	4%	58%	14%	2%	5%	4%	2%	3%	3%	2%	4%	1%	11%	3%	7%	3%	6%
corrosie gebouw schil																	
corrosie leidingen																	
dierlijke mest																	
erosie bodem																	
financiële instellingen& openbaar bestuur																	
gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening																	
groot- en kleinhandel, reparaties auto's																	
hotels en restaurants																	
houtverduurzaming	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
huishoudens	15%	7%	1%	1%	2%	4%	1%	2%	2%	15%	4%	7%	8%	1%	5%	2%	4%
industriële reiniging	1%	1%	0%	0%	1%	1%	2%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	1%	1%	0%	1%
mijnbouw																	
onderwijs																	
overige dienstverlening																	
papier- en kartonnijverheid																	
prod. v. metaal	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%	0%	0%	0%	0%		0%		0%
productie en distributie van elektriciteit, gas																	
recyclage van afval																	
rubber en kunststofnijverheid																	
textiel																	
toerisme en recreatie	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
uitgeverijen, drukkerijen																	

	acenafteen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzof[a,h]anthraceen	fenantreen	fluorantheen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16
vervaardigen van meubels																	
vervaardiging transportmiddelen	0%	0%	0%	0%							0%	0%	0%		0%		0%
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten	32%	10%	24%	38%	14%	4%	16%	4%	20%	12%	25%	4%	46%	2%	3%	32%	17%
vervaardiging van machines, apparaten en werktuig																	
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten																	
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen																	
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
wassen en chemisch reinigen																	
Bronnen uit EIW die ook werden onderzocht in onderhavige studie																	
wegverkeer - bandenslijtage	4%	6%	3%	4%	4%	10%	8%	13%	11%	4%	3%	7%	2%	2%	2%	7%	6%
binnenscheepvaart - bilgeswater	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
binnenscheepvaart - coating	10%	5%	5%	2%	2%	3%	2%	3%	2%	10%	2%	2%	5%	4%	22%	1%	5%
waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen																	
wegverkeer - lekkage motorolie	15%	4%	6%	3%	4%	2%	5%	5%	3%	8%	10%	2%	4%	2%	60%	2%	11%
wegverkeer - slijtage banden																	
wegverkeer - slijtage wegdek																	
spoorverkeer - slijtage bovenleidingen																	
spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken																	
zeevaart - uitloging antifouling																	
binnenscheepvaart - verlies schroefasvet																	
wegverkeer - wegdekslijtage	16%	8%	10%	4%	4%	5%	2%	3%	3%	16%	11%	7%	8%	3%	0%	2%	5%
Totaal (kg)	3,1	6,5	4,8	13	11	12	11	5,2	16	3,1	24	22	6,1	7,6	24	25	195

Tabel C.6 Emissiebronnen uit de EIW voor nutriënten: procentuele verdeling van de netto emissies per bron op Rechteroever (havengebied RO).

	BZV5	CZV	N (ton)	P (ton)
Bronnen uit EIW				
afvalverwerking	0%	0%	0%	0%
atmosferische depositie op land & water				
atmosferische depositie op water				
bouwnijverheid				
chemische industrie	60%	69%	61%	62%
corrosie gebouw schil				
corrosie leidingen				
dierlijke mest			1%	0%
erosie bodem				
financiële instellingen & openbaar bestuur	0%	0%	0%	0%
gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening	0%	0%	0%	0%
groot- en kleinhandel, reparaties auto's	0%	0%	0%	0%
hotels en restaurants	0%	0%	0%	0%
houtverduurzaming				
huishoudens	0%	0%	0%	0%
industriële reiniging	1%	2%	2%	1%
mijnbouw				
onderwijs	0%	0%	0%	0%
overige dienstverlening	0%	0%	0%	0%
papier- en kartonnijverheid	0%	0%	0%	0%
prod. v. metaal	0%	0%	0%	0%
productie en distributie van elektriciteit, gas	0%	0%	0%	0%
recyclage van afval	0%	0%	0%	0%
rubber en kunststofnijverheid	0%	0%	0%	0%
textiel	0%	0%	0%	0%
toerisme en recreatie				
uitgeverijen, drukkerijen	0%	0%	0%	0%
vervaardigen van meubels	0%	0%	0%	0%
vervaardiging transportmiddelen	0%	0%	1%	1%
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten	37%	25%	34%	16%
vervaardiging van machines, apparaten en werktuig	0%	0%	0%	0%
vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten	0%	0%	0%	0%
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen	1%	3%	1%	18%
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation	0%	0%	0%	1%
wassen en chemisch reinigen	0%	0%	0%	0%
Bronnen uit EIW die ook werden onderzocht in onderhavige studie				
wegverkeer - bandenslijtage				
binnenscheepvaart - bilgeswater				
binnenscheepvaart - coating				
waterbouw - houtverduurzamingsmiddelen				
wegverkeer - lekkage motorolie				
wegverkeer - slijtage banden				
wegverkeer - slijtage wegdek				
spoorverkeer - slijtage bovenleidingen				
spoorverkeer - slijtage koolsleepstukken				
zeevaart - uitloging antifouling				
binnenscheepvaart - verlies schroefasvet				
wegverkeer - wegdekslijtage				
Totaal (kg)	374 560	3 961 458	654 447	42 974

D Combinatie van GHA met EIW VMM - Emissies op Linkeroever en Rechteroever

Tabel D.1: Combinatie van de netto emissies van zware metalen uit deze GHA-studie (zoals berekend in hoofdstuk 5) en de emissies uit de EIW VMM (zoals berekend in paragraaf 6.2). Voor de emissiebronnen die in beide studies voorkomen zijn de GHA-studie cijfers weergegeven. Procentuele verdeling van de emissies per bron op Linkeroever (havengebied LO).

	EIW	aluminium	arsen	cadmium	chrom	koper	kwik	nikkel	lood	zink
atmosferische depositie op land & water	VMM									
atmosferische depositie op water			2%	34%	3%	1%	17%	4%	32%	2%
chemische industrie			86%	49%	15%	3%	26%	66%	7%	19%
corrosie gebouw schil						0%			27%	9%
corrosie leidingen						1%			8%	1%
dierlijke mest			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
erosie bodem			4%	8%	9%	0%	31%	2%	13%	0%
huishoudens			0%	0%	0%	0%	1%	0%		0%
industriële reiniging			0%	0%	9%	0%	0%	1%	0%	1%
productie en distributie van elektriciteit, gas			7%	3%	12%	0%	23%	2%	1%	1%
vervaardiging transportmiddelen										
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten										
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
overige bronnen			0%	3%	1%	0%	1%	1%	1%	0%
Binnenscheepvaart-Bilgewater		GHA								
Binnenscheepvaart-Coating										
Binnenscheepvaart-Anodes	24%									1%
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Binnenscheepvaart-Schroefasvet										0%
Oliecalamiteiten										
Spoorverkeer-Smeerolie										
Waterbouw-Anodes	0%			0%						0%
Waterbouw-Corrosie			0%	0%	50%	0%	0%	23%	0%	0%
Waterbouw-Onderhoud										
Wegverkeer-Bandenslijtage			0%	2%	0%	0%		1%	4%	10%
Wegverkeer-Lekkage motorolie			0%	0%	0%	0%		0%	0%	0%
Wegverkeer-Wegdekslijtage										
Wegverkeer-Remslijtage				0%			3%		0%	6%
Zeescheepvaart-Anodes	76%									56%
Zeescheepvaart-Coatings							91%			
Totaal (kg)		153	82	1,89	79	1302	0,47	111	68	4026

Tabel D.2 Combinatie van de netto emissies van PAK en minerale olie uit deze GHA-studie (zoals berekend in hoofdstuk 5) en de emissies uit de EIW VMM (zoals berekend in paragraaf 6.2). Voor de emissiebronnen die in beide studies voorkomen zijn de GHA-studie cijfers weergegeven. Procentuele verdeling van de emissies per bron op Linkeroever (havengebied LO).

	EIW	acenafreen	acenafyleen	antraceen	benzo[a]antraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluoranthreen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluoranthreen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenantreen	fluoranthreen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16	minerale olie
atmosferische depositie op land & water		0%	0%	33%	80%	85%	73%	68%	75%	74%	52%	47%	66%	15%	85%	0%	69%	52%	
atmosferische depositie op water																			
chemische industrie		22%	39%	25%	4%	4%	11%	12%	4%	4%	2%	2%	20%	19%	6%	2%	12%	11%	
corrosie gebouw schil																			
corrosie leidingen																			
dierlijke mest																			
erosie bodem																			
huishoudens		7%	5%	1%	2%	2%	3%	0%	1%	1%	20%	3%	4%	4%	0%	3%	2%	3%	
industriële reiniging		0%	0%	0%	0%	0%				0%		0%		0%		0%	0%	0%	
productie en distributie van elektriciteit, gas	VMM	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	3%	0%	0%	0%	1%	2%	0%	0%	
vervaardiging transportmiddelen																			
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten																			
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen																			
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation																			
overige bronnen		1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	1%	0%	2%	0%	0%	
Binnenscheepvaart-Bilgewater	GHA	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Binnenscheepvaart-Coating		3%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	8%	0%	0%	2%	5%	3%	1%	1%	

	EIW	acenafteen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenantreen	fluorantheen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16	minerale olie
Binnenscheepvaart-Anodes																			
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Binnenscheepvaart-Schroefasvet																			2%
Oliecalamiteiten		52%	39%	15%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	18%	2%	30%	0%	25%	2%	10%	46%
Spoorverkeer-Smeerolie		1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Waterbouw-Anodes																			
Waterbouw-Corrosie		10%	7%	12%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	18%	0%	20%	0%	57%	1%	11%	
Waterbouw-Onderhoud		1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
Wegverkeer-Bandenslijtage		3%	6%	8%	7%	5%	10%	13%	14%	16%	11%	4%	6%	2%	2%	2%	8%	7%	
Wegverkeer-Lekkage motorolie		1%	0%	3%	3%	1%	1%	5%	2%	2%	1%	6%	1%	6%	1%	2%	4%	3%	51%
Wegverkeer-Wegdekslijtage		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wegverkeer-Remslijtage																			
Zeescheepvaart-Anodes																			
Zeescheepvaart-Coatings																			
Totaal (kg)		0,97	1,36	1,00	1,46	1,66	2,35	1,99	0,98	2,48	0,31	4,33	5,59	1,52	1,63	4,34	4,11	36,1	2081

Tabel D.3 Combinatie van de netto emissies van nutriënten uit deze GHA-studie (zoals berekend in hoofdstuk 5) en de emissies uit de EIW VMM (zoals berekend in paragraaf 6.2). Voor de emissiebronnen die in beide studies voorkomen zijn de GHA-studie cijfers weergegeven. Procentuele verdeling van de emissies per bron op Linkeroever (havengebied LO).

	EIW	BZV5	CZV	N (ton)	P (ton)
atmosferische depositie op land & water	VMM				
atmosferische depositie op water					
chemische industrie		91%	97%	66%	72%
corrosie gebouw schil					
corrosie leidingen					
dierlijke mest				25%	24%
erosie bodem					
huishoudens		4%	1%	1%	2%
industriële reiniging		1%	1%	2%	1%
productie en distributie van elektriciteit, gas		1%	0%	5%	1%
vervaardiging transportmiddelen					
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten					
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen		0%	0%	0%	0%
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation		0%	0%	0%	0%
overige bronnen		4%	1%	1%	1%
Binnenscheepvaart-Bilgewater		GHA			
Binnenscheepvaart-Coating					
Binnenscheepvaart-Anodes					
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater			0%	0%	
Binnenscheepvaart-Schroefasvet					
Oliecalamiteiten					
Spoorverkeer-Smeerolie					
Waterbouw-Anodes					
Waterbouw-Corrosie					
Waterbouw-Onderhoud					
Wegverkeer-Bandenslijtage					
Wegverkeer-Lekkage motorolie					
Wegverkeer-Wegdekslijtage					
Wegverkeer-Remslijtage					
Zeescheepvaart-Anodes					
Zeescheepvaart-Coatings					
Totaal (kg)		189109	3003565	226933	18917

Tabel D.4 Combinatie van de netto emissies van zware metalen uit deze GHA-studie (zoals berekend in hoofdstuk 5) en de emissies uit de EIW VMM (zoals berekend in paragraaf 6.2). Voor de emissiebronnen die in beide studies voorkomen zijn de GHA-studie cijfers weergegeven. Procentuele verdeling van de emissies per bron op Rechteroever (havengebied RO).

	EIW	aluminium	arsenen	cadmium	chromium	koper	kwik	nikkel	lood	zink	
atmosferische depositie op land & water	VMM										
atmosferische depositie op water			11%	73%	4%	1%	2%	3%	27%	1%	
chemische industrie			8%	0%	41%	2%	86%	45%	3%	13%	
corrosie gebouw schil						0%			42%	11%	
corrosie leidingen						1%			10%	1%	
dierlijke mest			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
erosie bodem			10%	9%	6%	0%	2%	1%	5%	0%	
huishoudens			0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%	
industriële reiniging			2%	0%	3%	0%	0%	7%	0%	0%	
productie en distributie van elektriciteit, gas			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
vervaardiging transportmiddelen			0%	7%	0%	0%	0%	19%	0%	0%	
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten			63%		5%	1%	10%	11%	0%	4%	
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen			5%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	0%	
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation			0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	
overige bronnen			0%	2%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	
Binnenscheepvaart-Bilgewater		GHA									
Binnenscheepvaart-Coating											
Binnenscheepvaart-Anodes	47%									4%	
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater			1%	3%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	
Binnenscheepvaart-Schroefasvet										0%	
Oliecalamiteiten											
Spoorverkeer-Smeerolie											
Waterbouw-Anodes	0%			1%						0%	
Waterbouw-Corrosie			0%	1%	38%	0%	0%	9%	0%	0%	
Waterbouw-Onderhoud											
Wegverkeer-Bandenslijtage			0%	4%	1%	0%		1%	4%	7%	
Wegverkeer-Lekkage motorolie			0%	0%	0%	0%		0%	0%	0%	
Wegverkeer-Wegdekslijtage											
Wegverkeer-Remslijtage				1%			2%		0%	6%	0%
Zeescheepvaart-Anodes	53%									58%	
Zeescheepvaart-Coatings						93%					
Totaal (kg)		736	34	1,73	114	4534	7,45	299	159	12908	

Tabel D.5 Combinatie van de netto emissies van PAK en minerale olie uit EIW GHA (zoals berekend in hoofdstuk 5) met de emissies uit de EIW VMM (zoals berekend in paragraaf 6.2). Voor de emissiebronnen die in beide studies voorkomen zijn de GHA-studie cijfers weergegeven. Procentuele verdeling van de emissies per bron op Rechteroever (havengebied RO).

in kg/jaar	EIW	acenafteen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluoranthreen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluoranthreen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenantreen	fluoranthreen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16	minerale olie	
atmosferische depositie op land & water	VMM	0%	0%	30%	47%	69%	76%	67%	77%	62%	39%	37%	75%	9%	73%	0%	51%	45%		
atmosferische depositie op water																				
chemische industrie		2%	37%	12%	2%	6%	4%	3%	3%	4%	3%	3%	1%	7%	2%	9%	3%	6%		
corrosie gebouw schil																				
corrosie leidingen																				
dierlijke mest																				
erosie bodem																				
huishoudens		7%	5%	1%	1%	2%	4%	1%	2%	2%	19%	4%	8%	5%	1%	6%	2%	4%		
industriële reiniging		0%	1%	0%	0%	1%	1%	2%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	1%		
productie en distributie van elektriciteit, gas,																				
vervaardiging transportmiddelen		0%	0%	0%	0%							0%	0%	0%		0%		0%		
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten		15%	6%	21%	41%	15%	4%	17%	5%	22%	14%	23%	4%	29%	2%	3%	33%	17%		
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen																				
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
overige bronnen		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Binnenscheepvaart-Bilgewater		GHA	2%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	1%
Binnenscheepvaart-Coating	8%		5%	6%	4%	4%	5%	3%	5%	2%	20%	2%	2%	5%	20%	16%	2%	5%		
Binnenscheepvaart-Anodes																				
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater	0%		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Binnenscheepvaart-Schroefasvet																				11%
Oliecalamiteiten	61%		42%	22%	1%	1%	0%	0%	0%	1%	1%	24%	4%	37%	0%	48%	3%	15%	74%	
Spoorverkeer-Smeerolie	1%		1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	

in kg/jaar	EIW	acenafteen	acenaftyleen	antraceen	benzo[a]anthraceen	benzo[a]pyreen	benzo[b]fluorantheen	benzo[g,h,i]peryleen	benzo[k]fluorantheen	chryseen	dibenzo[a,h]anthraceen	fenantreen	fluorantheen	Fluoreen	indeno[1,2,3-cd]pyreen	naftaleen	pyreen	PAK16	minerale olie
		Waterbouw-Anodes																	
Waterbouw-Corrosie		1%	1%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	3%	0%	12%	0%	2%	
Waterbouw-Onderhoud		1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
Wegverkeer-Bandenslijtage		1%	2%	4%	2%	2%	5%	6%	7%	7%	3%	2%	4%	1%	1%	1%	3%	3%	0%
Wegverkeer-Lekkage motorolie		0%	0%	1%	1%	0%	0%	1%	1%	1%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	1%	1%	13%
Wegverkeer-Wegdekslijtage		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wegverkeer-Remslijtage																			
Zeescheepvaart-Anodes																			
Zeescheepvaart-Coatings																			
Totaal (kg)		6,5	10	5,6	12	11	11	10	4,5	15	2,5	26	20	10	8,6	18	24	195	10 172

Tabel D.6 Combinatie van de netto emissies van nutriënten uit deze GHA-studie (zoals berekend in hoofdstuk 5) met de emissies uit de EIW VMM (zoals berekend in paragraaf 6.2). Voor de emissiebronnen die in beide studies voorkomen zijn de GHA-studie cijfers weergegeven. Procentuele verdeling van de emissies per bron op Rechteroever (havengebied RO).

in kg/jaar	EIW	BZV5	CZV	N (ton)	P (ton)
atmosferische depositie op land & water					
atmosferische depositie op water					
chemische industrie		60%	68%	61%	61%
corrosie gebouw schil					
corrosie leidingen					
dierlijke mest				1%	0%
erosie bodem					
huishoudens	VMM	0%	0%	0%	0%
industriële reiniging		1%	2%	2%	1%
productie en distributie van elektriciteit, gas		0%	0%	0%	0%
vervaardiging transportmiddelen		0%	0%	1%	1%
vervaardiging van geraffineerde aardolieproducten		37%	25%	34%	16%
vervaardiging van voedings- en genotmiddelen		1%	3%	1%	18%
vervoer, opslag, communicatie, zonder tankstation		0%	0%	0%	1%
overige bronnen		1%	0%	0%	0%
Binnenscheepvaart-Bilgewater					
Binnenscheepvaart-Coating					
Binnenscheepvaart-Anodes					
Binnenscheepvaart-Huishoudelijk afvalwater			1%	1%	2%
Binnenscheepvaart-Schroefasvet					
Oliecalamiteiten					
Spoorverkeer-Smeerolie					
Waterbouw-Anodes	GHA				
Waterbouw-Corrosie					
Waterbouw-Onderhoud					
Wegverkeer-Bandenslijtage					
Wegverkeer-Lekkage motorolie					
Wegverkeer-Wegdekslijtage					
Wegverkeer-Remslijtage					
Zeescheepvaart-Anodes					
Zeescheepvaart-Coatings					
Totaal (kg)		374560	4005832	660256	43881

E Factsheets

Inhoud

Zeescheepvaart

- Uitloging van de scheepscoating/antifouling
- Corrosie van anodes

Binnenvaart

- Uitloging van de scheepscoating/antifouling
- Verlies van schroefasvet
- Corrosie van anodes
- Lozing van bilgewater
- Lozing van huishoudelijk afvalwater

Waterbouw

- Onderhoud van waterbouwkundige constructies
- Corrosie van waterbouwkundige constructies
- Corrosie van anodes in de waterbouw

Wegverkeer (inclusief havengebonden voertuigen)

- Lekkage van motorolie
- Slijtage van het wegdek
- Slijtage van banden
- Slijtage van remmen

Spoorverkeer

- Emissies naar riolering (smeerolie verlies)

Calamiteiten

- Oliecalamiteiten op het water

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Coatings zeescheepvaart

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

Coatings zeescheepvaart

1 Korte omschrijving van de emissiebron

De bron van deze emissies is de coating die is aangebracht op de buitenkant van zeeschepen. Deze dient de aangroei van organismen tegen te gaan en voor dat doel logen de meeste coatings continu bestrijdingsmiddelen uit.

Voor deze factsheet gaat het om de emissies van koper. Co-biociden, zink en TBT worden niet meegenomen, zie paragraaf 4.

De emissie wordt toegekend aan de activiteit zeescheepvaart.

2 Berekeningswijze van de emissies

Emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV) met een emissiefactor (EF).

$$E_s = (EVV * ((EF_{stil} * T_{stil}) + (EF_{varen} * T_{varen})) * \%C) / 10000 \quad (1)$$

Waarbij:

E_s	=	is de emissie van stof s (koper) uit coatings zeescheepvaart (kg stof s/jaar)
EVV	=	is het nat scheepsoppervlak (WSA) per schip (in m ² /jaar) in de Antwerpse haven.
EFstil/varen	=	de uitloging van Cu, hier uitgedrukt in µg cm ⁻² dag ⁻¹ voor stilliggende of varende zeeschepen.
T stil/varen	=	het aantal dagen dat een schip aanwezig is in de Antwerpse haven stilliggend of varend.
%C	=	het percentage coating (per type coating) dat wordt toegepast.

De factor 10000 is de omrekening van cm² naar m²

De totale emissie wordt berekend door de emissies van de afzonderlijke schepen bij elkaar op te tellen.

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

De emissie verklarende variabele is het natte scheepsoppervlak (in m²) van schepen die varen in de Antwerpse haven. Wanneer de dimensies van een schip bekend zijn kan het natte scheepsoppervlak worden berekend. Hiervoor is een aantal methoden beschikbaar die uitgebreid worden omschreven en vergeleken in de Nederlandse factsheet 'coatings zeescheepvaart' [1,2].

In de Nederlandse factsheet is gekozen om de EVV te berekenen aan de hand van het volume van schepen; het verband tussen scheepslengte en inhoud is een derde macht (wanneer een schip 2x in lengte toeneemt, nemen de breedte en diepte eveneens met een factor 2 toe). Als gevolg kan de oppervlakte worden berekend door het volume met een macht 2/3 te nemen. Het blijkt, bij verdere uitwerking, dat het Gross Tonnage (GT; bruto tonnage) van een schip een goede maat is om het nat scheepsoppervlak te berekenen:

$$WSA_{max} = K GT^{2/3} \quad (2)$$

Waarbij:

WSA _{max}	=	het maximale natte scheepsoppervlak,
GT	=	het bruto tonnage
K	=	een constante afhankelijk van het scheepstype.

De waarde van K bij verschillende type schepen wordt in Tabel 1 getoond. Bovenstaande berekeningsmethode geldt alleen bij volledige belading. Om te kunnen corrigeren voor onvolledige lading wordt de fractie diepgang (T) t.o.v. de maximale diepgang gebruikt:

$$WSA = WSA_{max} (2 * T + 2,6) / 4,6 \quad (3)$$

In de bestanden aangeleverd door GHA [3] ontbreekt deze fractie. Deze wordt geschat aan de hand van de door GHA aangeleverde scheepsdatabase met de karakteristieken per schip en per vaart. De fractie diepgang namelijk is een functie van de fractie van de maximale lading en de werkelijke lading (beide in ton). Om de berekening toch uit te kunnen voeren wordt het percentage van de maximale belading geschat, waarbij rekening wordt gehouden met het type lading [4]:

- bulkcarriers (vaak zware lading met hoge dichtheid): 0,85 (85%)
- overige schepen (lading met minder hoge dichtheid): 0,70.(70%)

Tabel 1: Berekening van natte scheepsoppervlakken bij volle belading voor verschillende scheepstypen [1] en de gemiddelde lig- en manoeuvreertijden per type schip [5].

typenr	Scheepstypen (Samson beschrijving 2006)	Berekening oppervlak
		WSA_max
1	Tankers (enkel- en dubbelwandig)	9,62 GT ^{2/3}
2	Chemicaliëntankers (enkel- en dubbelwandig)	9,35 GT ^{2/3}
	LPG-tankers	
2a	LNG-tankers	7,47 GT ^{2/3}
3	Bulkcarriers	9,70 GT ^{2/3}
4	Containerschepen	8,57 GT ^{2/3}
5	General dry cargo	8,76 GT ^{2/3}
6	Passasiersschepen en veerboten	5,20 GT ^{2/3}
6a	Unitised Roro	6,60 GT ^{2/3}
7	Reefers	10,2 GT ^{2/3}
8, 9, 0	Divers; bevoorradingsschepen; niet-handelsschepen	8,40 GT ^{2/3}

Met behulp van de aangeleverde bestanden van GHA kan de verblijftijd van het schip bepaald worden met tijdstip van invaren en uitvaren van de haven. Hoe lang een schip bezig is met varen en varen/manoeuvreren versus het stilliggen in de havens is uit het bestand af te leiden.

De emissieverklarende variabele is het natte scheepsoppervlak per zeevaartschip. Met de door GHA aangeleverde bestanden kan er per schip een nat oppervlak berekend worden. Om een indruk te krijgen van de hoeveelheden per jaar wordt in tabel 2 het aantal schepen, het gemiddelde natte scheepsoppervlak en de gemiddelde tijdsduur in de havens van Antwerpen getoond.

Prognose EVV

Voor de jaren 2015 en 2020 wordt de vervoersprestatie berekend aan de hand van prognoses die door GHA zijn aangeleverd [9]. In de prognoses wordt onderscheid gemaakt in twee verschillende scenario's; Scenario hoog en scenario laag. Bij het hoge scenario wordt voor de zeevaart een groei van 37% verwacht in 2015 en 50% in 2020 (beide t.o.v. 2010). Het lage scenario geeft prognoses van 17% in 2015 en 22% in 2020 (beide t.o.v. 2010). De prognoses zijn verwerkt in tabel 2.

Tabel 2: Emissieverklarende variabele (EVV) van Zeeschepen van/in/naar de haven van Antwerpen voor 2010, 2015 en 2020.

jaar	aantal bezoekende schepen	gemiddeld nat oppervlak per schip (m ²)	tijd varen (dagen)	tijd stilliggen (dagen)
2010	14 887	4 914	3 110	28 874
<i>hoog scenario</i>				
2015	20 336	6 713	4 248	39 442
2020	22 373	7 385	4 674	43 394
<i>laag scenario</i>				
2015	17 410	5 747	3 637	33 767
2020	18 219	6 014	3 806	35 336

4 Emissiefactoren

De emissiefactoren van koperhoudende coatings zijn afkomstig van een studie van MARIN [5]. Deze worden in Tabel 3 getoond.

Tabel 3: Emissiefactoren voor uitloging van coatingbestanddelen [6].

Soort coating/component	varende schepen (ug Cu.cm ⁻² .dag ⁻¹)	stilliggende schepen (ug Cu.cm ⁻² .dag ⁻¹)
koper-houdende coating - koper	6	4

De emissiefactor van 6 ug Cu.cm⁻².dag⁻¹ is een emissiefactor die geldt wanneer het schip in vaart is. Tijdens stilliggen in havens zal de uitlogingssnelheid lager zijn vanwege de lagere snelheid waarmee het water langs de coating stroomt. De afname van uitlogingssnelheid geldt vooral tijdens de eerste 10 dagen omdat er een biofilm van micro-organismen op de coating gevormd lijkt te worden (Yebra et al., 2006, geciteerd in [2]). Er zijn echter geen meetgegevens beschikbaar om een schatting van de afname van uitloging bij stilliggen op te kunnen baseren. Valkirs et al. (2003) en Kiil et al. (2002, 2003), beiden geciteerd in [1,2] rapporteren weliswaar beiden een vermindering van de uitloogsnelheid van 50%, maar dat is bij stilliggen gedurende een tijdsperiode van een maand. Aangezien veel schepen in het algemeen voor kortere perioden aangemeerd zijn lijkt een afname van de uitloogsnelheid van 50% te hoog voor de stilliggende schepen in de haven van Antwerpen. Om die reden wordt een schatting aangehouden van 25% vermindering van de uitloogsnelheid, dus op 75% van de uitloogsnelheid tijdens varen.

Bepaling van het aantal schepen met verschillende coatingtypes

Het uitrusten van schepen met een bepaald type coating hangt af van de beschikbaarheid van coatings en veranderingen in wetten en regelgeving. Volgens [1,2] is in de periode van 2000 tot en met 2010 alle TBT-houdende coating uitgefaseerd door enerzijds het wereldwijde verbod op TBT-houdende coatings en anderzijds door initiatieven van rederijen. In de berekening van emissies van coating-componenten in het havengebied van Antwerpen wordt aangenomen dat er géén schepen zijn met TBT-houdende coatings.

Na het bekend worden van het verbod op TBT-houdende coating is de verfproducerende sector aan de slag gegaan met de ontwikkeling van alternatieven. De meeste alternatieven zijn gebaseerd op CuO als actieve component, eventueel aangevuld met ZnO en zogenoemde Co-biociden als diuron, irgarol, dichlofluanide en chloorthalonil. Omdat er weinig gegevens bekend zijn over het gebruik van coatings die zink bevatten wordt aangenomen dat deze niet aanwezig zijn op de schepen in de Antwerpse haven.

Een nieuwe veelbelovende ontwikkeling is het gebruik van non-stick coatings. Dit zijn zeer gladde coatings, veelal op basis van siloxanen en de werking is tot op zekere hoogte vergelijkbaar met de anti-aanbaklaag van een braadpan. Deze coatings zijn zo glad dat biofouling weinig grip krijgt

op de scheepshuid. Tijdens het varen op snelheid spoelt de biofouling van de scheepshuid af. Inmiddels zijn de eerste ervaringen opgedaan met non-stick coatings en deze zijn veelbelovend, vooral bij snelvarende schepen: containerschepen met een tonnage groter dan 60000 en passagiersschepen. Deze non-stick coatings zitten momenteel in het productenpakket van de meeste belangrijke coatingleveranciers en de implementatie daarvan lijkt succesvol te verlopen.

In TNO [1] wordt aangenomen dat voor de sneller varende schepen, hieronder vallen passagiersschepen en containerschepen met een tonnage groter dan 60.000 ton, geldt dat 76% van de schepen vaart met een cu-coating en 24% met een non-stickcoating. Voor de overige langzaam varende schepen vaart 93% met een Cu-coating en 7% met een non-stick coating. De verhoudingen in tabel 5 worden toegepast op de verschillende typen schepen in de Antwerpse haven, de snelheid waarmee de schepen varen in het havengebied speelt hierbij geen rol. Prognoses voor 2015 en 2020 laten zien dat bij zowel de langzaam- als de snelvarende scheepvaart de non-stick coating toe gaat nemen. De prognoses (afkomstig uit TNO [1]) staan weergegeven in tabel 5

Tabel 5: Verhouding (percentage per coatingtype) koper- en non stick coating voor langzaam en snelvarende schepen (passagiersschepen en containerschepen > 60 000 ton) in 2010, 2015 en 2020.

	snelvarend		langzaam varend	
	cu-coating	non-stick	cu-coating	non-stick
2010	76	24	93	7
2015	40	60	89	11
2020	5	95	85	7

Scheepsgrootte

De ontwikkeling van de scheepsgrootte is van belang voor de ontwikkeling van de emissies door anodes. Door een groei van de gemiddelde scheepsgrootte neemt bij gelijkblijvend totaal tonnage het totaal nat oppervlak af, omdat grotere schepen relatief minder oppervlak hebben dan minder grote schepen. De ontwikkeling van de scheepsgrootte per scheepstype is gebaseerd op de ontwikkeling van de gemiddelde scheepsgrootte in de afgelopen 20 jaar [4,5]. Voor de komende 20 jaar wordt de volgende groei voorspeld:

1. geen groei in scheepsgrootte bij chemicaliëntankers en olieproducten, bulkcarriers, reefers en diversen;
2. gemiddelde groei van 20% voor containerschepen, general dry cargo, veerboten, passagiersschepen en RoRo's

Voor de prognoses wordt het Wet Surface Area berekend, waarbij wordt aangenomen dat de groei de scheepsgrootte van categorie 2, 5% bedraagt in 2015 en 10% in 2020. Door een groei van de gemiddelde scheepsgrootte neemt bij gelijkblijvend totaal tonnage het totaal nat oppervlak af, omdat grotere schepen relatief minder oppervlak hebben dan minder grote schepen. Voor de prognose wordt daarom aangenomen dat de groei van de schepen een kleiner nat oppervlak tot gevolg heeft, waardoor er minder zink en aluminium vrijkomt. In onderstaande tabel staan de berekende groeiprognozes weergegeven.

In paragraaf wordt de formule toegelicht om het WSA te berekenen.

$$WSA_{max} = K GT^{2/3}$$

Uit die formulie blijkt dat het het Gross Tonnage (GT; bruto tonnage) van een schip een goede maat is om het nat scheepsoppervlak te berekenen. De groeiprognose is een maat voor de grootte van het schip wat gerelateerd is aan een hoger bruto tonnage. Met behulp van de formule kan vervolgens de relatieve groei van het WSA berekend worden in m^2/GT .

Er kan hierbij geen onderscheid worden gemaakt tussen verschillende typen schepen omdat alleen een prognose als totaal is geschat. Daarom wordt de prognose voor alle schepen gelijk verondersteld.

Tabel 6: Relatieve groei WSA (m²) door grotere schepen in 2015 en 2020 [4].

	WSA 2010	Prognose WSA 2015		Prognose WSA 2020	
		per schip	Totaal	per schip	Totaal
Chemicaliëntankers en olieproducten, bulkcarriers , reefers en diversen	8 686 698	-3,2%	8 686 698	-6,2%	8 686 698
Olietankers, containerschepen, general dry cargo, veerboten, passagiersschepen en roro's	12 631 857	0	12 227 594	0	11 854 195
totaal	21 318 554	-1,9%	20 914 292	-3,6%	20 540 893

5 Geografische locaties

De databank met zeevaartbewegingen aangeleverd door GHA [3] vormt de basis van de berekeningen. Records per uniek schip worden vertaald naar totalen voor elke mogelijke reisroute in het studiegebied. Het studiegebied omvat het zeehavengebied van Antwerpen zoals afgebakend in “het gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan Afbakening zeehavengebied Antwerpen” zoals voorlopig vastgelegd door de Vlaamse Regering op 27 april 2012. Voor schepen met een bestemming of gedeeltelijke vaarroute buiten het gRup-gebied wordt enkel de afstand of tijd binnen het gRup-gebied in rekening gebracht. Het gaat dus enkel om afgelegde afstanden of verblijftijden in de blauw aangeduide watervakken op de figuur.

Er worden in het studiegebied 45 locaties gedefinieerd die als aankomst- of vertrekplaats kunnen fungeren. Ze worden in volgende figuur gesitueerd met de INFRCODE van de doknaam.

Figuur 1: Locaties die dienen als aankomst-vertrekplaats in de haven van Antwerpen.



In totaal zijn er 254 relevante reisroutes voor de zeevaart gedetecteerd in de databank. De lengte van de reisroute wordt niet in vogelvluchtafstand uitgedrukt, maar gemeten langs de lijn die de middelpunten van de vaarvakken tussen begin- en eindpunt met mekaar verbindt.

Voor de spreiding over de wateroppervlakken zal dezelfde route gebruikt worden als deze van de afstandsberekening. De totalen die aan elke reisroute hangen, worden volgens de oppervlakteverhouding van de verschillende vaarvakken gespreid.

De vaartijd van zeeschepen in het havengebied is berekend op basis van de geregistreerde meldtijden in de databank. In de berekening zijn vier soorten vaartijden te onderscheiden afhankelijk van de vaarbeweging:

- varen vanaf het eerste meldpunt binnen de grenzen van het studiegebied tot aan een ligplaats (aankomst),
- varen tussen ligplaatsen (verhaal),
- wegvaren van een ligplaats tot aan het laatste meldpunt binnen de grenzen van het studiegebied (vertrek)
- en varen door het havengebied (transit) binnen de grenzen van het studiegebied.

Het varen tussen ligplaatsen (verhaal) is niet in rekening gebracht omdat de beschikbare databank onvoldoende informatie bevat om deze trajecten af te bakenen en te kwantificeren. Men kan aannemen dat de vaartijd bij verhaal slechts een kleine fractie is van de totale verblijftijd in het havengebied. Uit Tabel 1 blijkt duidelijk dat gemeerd liggen aan de kaaien ongeveer 90% van de totale verblijftijd omvat.

De dokken ten zuiden van de as Royersluis-Albertkanaal vallen buiten het studiegebied. Voor schepen die naar deze dokken varen is enkel de vaartijd en het vaartraject tot aan de gebiedsgrens in rekening gebracht.

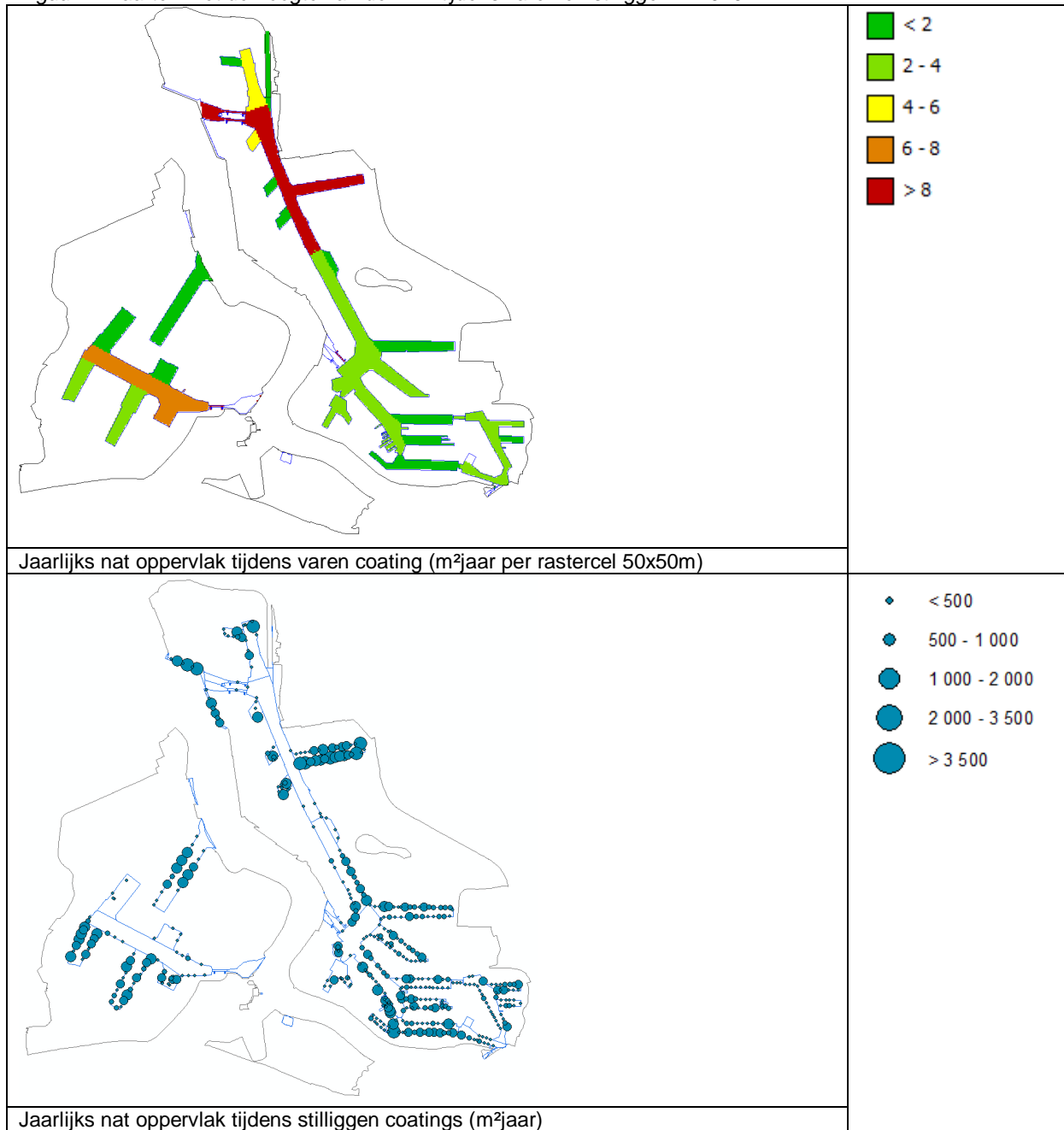
De Schelde valt eveneens buiten de contouren van het studiegebied. Varen op de Schelde is daarom niet in rekening gebracht. Voor alle bestemmingen behalve Deurganckdok is er een meldpunt bij het binnenvaren van het havengebied (studiegebied). Voor schepen met bestemming Deurganckdok wordt enkel het traject vanaf de ingang van het Deurganckdok meegeteld. Echter, daar is geen meldpunt en dus geen tijdsregistratie in de databank.

Voor deze trajecten is de vaartijd is verrekend in functie van de afstand tussen het meest nabijgelegen meldpunt en de ingang van Deurganckdok.

Naast de vaarroutes wordt de aangemeerde toestand van het schip in rekening gebracht. In de databank is het tijdstip van aanmeren en ontmeren geregistreerd. Op basis van deze tijdstippen is het aantal uren berekend dat een schip aan een bepaalde kaai verblijft. Dit totaal aantal uren per kaainummer wordt eveneens in het GHA-systeem opgenomen in de vorm van rasterkaarten met een resolutie van 50m. De dokken ten zuiden van de as Royersluis-Albertkanaal vallen buiten het studiegebied. De ligtijd van schepen aan deze dokken is niet beschouwd (geen verblijftijd in studiegebied).

De resulterende EVV-kaarten zijn hieronder weergegeven.

Figuur 2: Kaarten met de hoogte van de EVV tijdens varen en stilliggen in 2010



6 Emissieroutes en bruto-netto-emissie

Emissieroutes

De route voor emissies afkomstig van coatings door binnenvaartschepen gaat voor 100% naar het oppervlaktewater waarin het schip zich bevindt (geografische locatie).

Polluentvorm

De emissies naar oppervlaktewater van de geëmitteerde stoffen zullen het water bereiken in opgeloste vorm. Corrosie van metaal is het proces waarbij metaalionen uit de vaste fase in oplossing gaan. Zware metalen zijn redelijk oplosbaar maar zullen ook sorberen op sedimentpartikels.

Bruto emissies

In tabel 7 staan de emissies door coatings op zeeschepen voor de jaren 2010, 2015 en 2020 in de haven van Antwerpen weergegeven. Bij de prognoses wordt rekening gehouden met de groei van de zeevaart, de grootte van de schepen en de afname in het gebruik van een koperhoudende coating.

Tabel 7: Koper emissies door coatings van schepen varend van/naar/in de haven van Antwerpen voor de jaren 2010, 2015 en 2020 (kg/jaar).

procesomschrijving	2010	hoog scenario		laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
Coating zeeschepen varend van/naar/in havens	805	1 078	1 165	923	949
Coating zeeschepen stilliggend in havens	4 589	6 149	6 644	5264	5411
Subtotaal zeeschepen	5 393	7 228	7 810	6 188	6 359

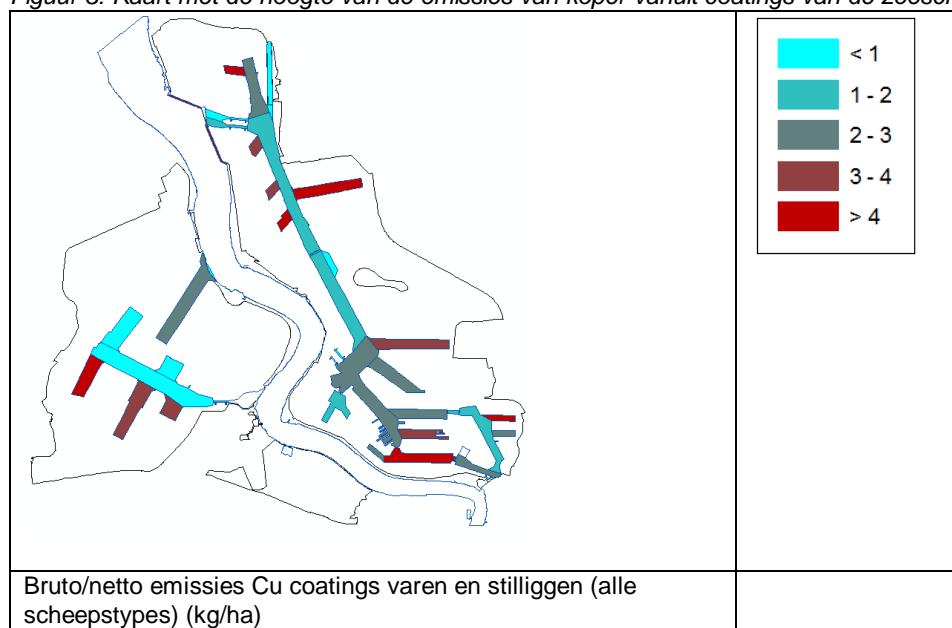
Netto emissies

De netto-emissies zijn gelijk aan de bruto-emissies omdat alle emissies plaatsvinden op het oppervlaktewater.

7 Koppeling aan GIS-data en kwantificering

In figuur 3 zijn de emissies (de bruto emissies zijn gelijk aan de netto emissies) weergegeven in het Antwerpse Havengebied.

Figuur 3: Kaart met de hoogte van de emissies van koper vanuit coatings van de zeescheepvaart.



In tabel 8 staat de procentuele verdeling van de zeescheepvaart voor de linker en de rechteroever weergegeven.

Tabel 9: verdeling (%) van de zeescheepvaart over de linker en rechteroever in 2010.

	LO	RO
nat oppervlak stilliggen	21%	79%
nat oppervlak varen	26%	74%
koper emissies	22%	78%

In tabel 8 zijn de emissies (de bruto emissies zijn gelijk aan de netto emissies) weergegeven in de verschillende dokken van het Antwerpse Havengebied.

Tabel 8: De hoogte van de EVV, bruto/netto emissies van Cu in de verschillende dokken en aandeel per dok van de totale emissie in 2010.

	nat oppervlak stilliggen (m ² jaar)	nat oppervlak varen (m ² jaar)	bruto/netto emissies Cu	aandeel emissies
Delwaidedok	52 228	3 346	836	15%
Hansadok	30 620	3 565	525	10%
5e Havendok	23 578	217	349	6%
Churchilldok	20 481	526	311	6%
Vrasenedok	19 148	893	299	6%
Verrebroekdok	19 097	851	297	6%
Deurganckdok	19 225	589	294	5%
Kanaaldok B1	15 813	1 507	264	5%
Kanaaldok B2	94	11 556	254	5%
Noordzeeterminal	11 494	0	168	3%
6e Havendok	10 268	597	163	3%
4e Havendok	11 018	88	163	3%
Waaslandkanaal	2 378	5 749	161	3%
Kanaaldok B3	8 416	1 371	153	3%
Albertdok	8 195	647	134	2%
3e Havendok	7 888	170	119	2%
Zuidelijk insteeddok	6 317	1 066	116	2%
Europaterminal	7 637	0	111	2%
Leopolddok	7 279	191	110	2%
Insteekdok 1	6 991	108	104	2%
Amerikadok	4 848	346	78	1%
Marshalldok	4 295	608	76	1%
Insteekdok 4	4 716	133	72	1%
Insteekdok 3	3 360	372	57	1%
Insteekdok 2	3 637	60	54	1%
2e Havendok	2 748	10	40	1%
Berendrechtsluis	0	1 078	24	0%
Industriedok	1 549	6	23	0%
Zandvlietsluis	0	715	16	0%
Doeldok	625	34	10	0%
Verbindingsgeul LED-ALD	301	39	5	0%
Kallosluis	0	178	4	0%
Boudewijnsluis	0	93	2	0%
Noordelijk insteeddok	33	11	1	0%
ingang Deurganckdok	0	16	0	0%
Noordkasteelbrug	0	4	0	0%
Duwvaart Schuildok	6	0	0	0%
Lillobrug	0	2	0	0%
Royerssluis	0	2	0	0%
Schelde - Rijnkanaal	0	1	0	0%
Albertkanaal	0	0	0	0%
Wilmarsdonkbrug	0	0	0	0%
Noordkasteeldok	0	0	0	0%
Schelde	0	0	0	0%
Toeganggeul KAS	0	0	0	0%
Van Cauwelaertsluis	0	0	0	0%
Totaal	314 284	36 745	5 393	

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Het bovenstaande kan worden uitgedrukt in de classificatiesystematiek die wordt gebruikt in de publicatiereeks Emissieregistratie [8]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (COre emission INventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

Het aantal zeeschepen in de Antwerpse haven wordt zorgvuldig bijgehouden, wat een classificatie A voor dat deel van de emissieverklarende variabele oplevert. Het nat oppervlak van de schepen betreft berekeningen waarbij een aanname is gemaakt voor de totale diepligging. Totaal levert dit een voor de emissieverklarende variabele een classificatie B op.

De emissiefactoren zijn gebaseerd op aanbevelingen die vanuit technische kennis en praktijkervaring zijn opgesteld. Op grond hiervan wordt voor de emissiefactoren de classificatie C aangehouden.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten en de emissieroutes naar water zijn duidelijk geheel naar oppervlaktewater, zodat hiervoor de categorie A wordt gehanteerd. De regionalisatie wordt nader verklaard in hoofdstuk 5, deze wordt als B geclassificeerd.

Tabel 9: Kwaliteit van gegevens.

onderdeel emissieberekening	betrouwbaarheidsclassificatie
Emissieverklarende variabele	B
Emissiefactoren	C
Verdeling compartimenten	A
Emissieroutes naar water	A
Regionalisatie	B

Verbeterpunten:

- Nauwkeuriger inventarisatie van het gebruik van de verschillende typen coatings;
- Nauwkeuriger bepaling van de werkelijke (gemiddelde) diepgang van de zeeschepen;
- Betere registratie van zeevaart bewegingen op basis van AIS signaal.

9 Referenties

- [1] Hulskotte J. (TNO), H. Oonk (TNO), B. van Hattum (VU-IVM); Factsheet Coating zeescheepvaart en visserij, februari 2007, versie 3.
- [2] Rijkswaterstaat – Waterdienst, Deltares, TNO. Emissieschattingen diffuse bronnen, Factsheet Coating zeescheepvaart en visserij, Emissieregistratie, versie juni 2011.
- [3] Database “zeevaart”, geleverd door GHA op 10 april 2012. Deze gegevens zijn afkomstig van het datasysteem APICS (Antwerp Port Information & Control System) waarin de bewegingen van de zeeschepen evenals andere relevante informatie (identificatie, scheepsgrootte, lading, ea) worden bewaard.
- [4] Bron: Mondelinge mededeling Jan Hulskotte, april 2012.

- [5] Vanherle, K (TML), B. van Zeebroeck (TML) en J. Hulskotte (TNO), Emissiemodel voor spoorverkeer en scheepvaart in Vlaanderen: EMOSS, juli 2007.
- [6] Cotteleer, A. (MARIN), Coating emissions of sea shipping for 2010, april 2012.
- [7] De Vlieger, I., et al, Transport: referentie- en Europa-scenario, wetenschappelijk rapport, toekomstverkenning MIRA2009, november 2009.
- [8] Most, P.F.J. van der et al., juli 1998. Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water. Publicatiereeks Emissieregistratie, nr. 44.
- [9] Database "prognoses", geleverd door GHA op 29 mei 2012, op basis van: ECSA, Verbeke A., Haezendonck E., Dooms M. iov GHA, Actualisatie van de maritieme prognoses van de Economische Ontwikkelingsstudie (EOS), 2011.

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Anodes zeescheepvaart

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

Anodes zeescheepvaart

1 Korte omschrijving van de emissiebron

Om corrosie te voorkomen worden schepen gecoat. Deze beschermende laag is echter niet genoeg om het schip volledig te behoeden voor corrosie. Om de onbeschermde delen van een schip (schroef, beschadigingen, ballasttanks etc.) te beschermen én er voor te zorgen dat het schip ook bij een slechter wordende coating beschermd blijft, wordt gebruik gemaakt van anodische bescherming. Om het schip passief anodisch te beschermen wordt gebruik gemaakt van opofferingsanodes. Deze opofferingsanodes moeten van een metaal zijn dat onedeler is dan het metaal dat beschermd moet worden. De twee metalen die in de zeescheepvaart als anode worden toegepast en waarvan emissies zijn berekend zijn zink, aluminium en cadmium. Cadmium wordt ook geëmitteerd omdat het als verontreiniging in de zinken anodes kan voorkomen. Bij de emissieberekeningen worden de anodes vanuit de buitenkant van de schepen berekend, de anodes aan de binnenkant van de schepen (ballasttanks) worden niet meegenomen.

De emissie wordt toegekend aan de activiteit zeescheepvaart.

2 Berekeningswijze van de emissies

Emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV) met een emissiefactor (EF).

$$E_s = EVV * ((EF_{stil} * T_{still}) + (EF_{varen} * T_{varen})) \quad (1)$$

Waarbij;

E_s	= de emissie van stof s (zink) uit anodes zeescheepvaart (kg stof s/jaar)
EVV	= het nat scheepsoppervlak (WSA) per schip (in m ² /jaar) in de Antwerpse haven.
$EF_{stil/varen}$	= de uitloging van zink en aluminium (in g/m ² jaar voor stilliggende of varende zeeschepen)
$T_{stil/varen}$	= het aantal dagen dat een schip aanwezig is in de Antwerpse haven stilliggend of varend

De totale emissie wordt berekend door de emissies van de afzonderlijke schepen te sommeren.

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

De emissieverklarende variabele is het nat scheepsoppervlak van alle schepen in de Antwerpse haven. Dit wordt berekend per zeevaartschip dat in 2010 in de Antwerpse haven aanwezig is. Hierbij is ook de verblijftijd van belang. In tabel 1 worden de aantallen getoond. Voor de berekening van het natte scheepsoppervlak wordt verwezen naar de factsheet coating zeescheepvaart.

Met behulp van de aangeleverde bestanden van GHA [1] kan de verblijftijd van het schip bepaald worden met tijdstip van invaren en uitvaren van de haven. Hoe lang een schip bezig is met varen en varen/manoeuvreren versus het stilliggen in de havens is uit het bestand af te leiden.

De EVV wordt per zeeschip berekend. Om een indruk te krijgen van de scheepsbewegingen in de haven van Antwerpen, wordt in tabel 1 het aantal schepen, het gemiddelde natte scheepsoppervlak en de gemiddelde tijdsduur in de haven van Antwerpen getoond.

Tabel 1: Emissieverklarende variabele (EVV) van zeeschepen van/in/naar de haven van Antwerpen in 2010, 2015 en 2020.

jaar	aantal bezoekende schepen	gemiddeld nat oppervlak per schip (m ²)	tijd varen (dagen)	tijd stilliggen (dagen)
2010	14 887	4 914	3 110	28 874
<i>hoog scenario</i>				
2015	20 336	6 713	4 248	39 442
2020	22 373	7 385	4 674	43 394
<i>laag scenario</i>				
2015	17 410	5 747	3 637	33 767
2020	18 219	6 014	3 806	35 336

Prognose EVV

Voor de jaren 2015 en 2020 wordt de vervoersprestatie berekend aan de hand van prognoses die door GHA zijn aangeleverd [7]. In de prognoses wordt onderscheid gemaakt in twee verschillende scenario's; Scenario hoog en scenario laag. Bij het hoge scenario wordt voor de zeevaart een groei van 37% verwacht in 2015 en 50% in 2020 (beide t.o.v. 2010). Het lage scenario geeft prognoses van 17% in 2015 en 22% in 2020 (beide t.o.v. 2010). De prognoses zijn verwerkt in tabel 1.

4 Emissiefactoren

Bij het ontwerp van schepen en scheepsonderdelen wordt uitgegaan van een aanbevolen elektrische stroomdichtheid per m² om corrosie tegen te gaan. Uit deze stroomdichtheden volgt het aantal te plaatsen anodes [4,5]. De hoeveelheid anodemateriaal dat oplost in het water kan worden berekend uit de stroomdichtheid en de elektrische capaciteit van het anodemateriaal met behulp van de formule van Dwight [4,5]:

$$\left(\frac{(A * i_c) / 1000 * t}{\varepsilon * u} \right) * a_m = m \quad (2)$$

Waarin:

m (kg)	=	hoeveelheid anodemateriaal dat corrodeert in t uren;
A (m ²)	=	de natte oppervlakte;
i _c (mA/m ²)	=	de benodigde elektrische stroomdichtheid;
t (uren)	=	verblijftijd in het water in uren;
ε (Ah/kg)	=	de elektrische capaciteit van de anode;
u (-)	=	utilization factor, voor emissieberekeningen is u=1;
a _m (-)	=	de fractie die het gebruikte anodemateriaal (zink of aluminium) uitmaakt t.o.v. totaal gebruik aan anodes (totaal aan zink en aluminium anodes).

De elektrische capaciteit van een zinkanode in zeewater is 780 Ah/kg, voor een aluminiumanode is dit 2600 Ah/kg.

De utilization factor wordt gebruikt om een extra marge te introduceren voor het gebruik van anodes. Uitgaande van een bepaalde levensduur, bijvoorbeeld 2 jaar, wordt door een utilization factor van 0,9 een theoretische overcapaciteit van ca 10 % verkregen. Voor emissieberekeningen is de utilization factor 1.

In Tabel 2 zijn de benodigde stroomdichtheden per onderdeel en per type schip gegeven [4,5].

Tabel 2: Benodigde elektrische stroomdichtheid per onderdeel van en per type schip met utilisation factor 1.

	Benodigde stroomdichtheid (mA/m ²)				
	Romp	Schroef	Roer	Straalbuis	boegschroef
Bulk Carrier	12	700	150	120	700
VLCC (Very Large Crude oil Carrier)	12	700	150	120	700
Coaster	12	700	250	120	700
Ro/Ro Ferries	12	700	150	120	700

Benodigde stroomdichtheid (mA/m ²)					
	Romp	Schroef	Roer	Straalbuis	boegschroef
Supply Vessel	18	1000	250	120	700
Work vessel	40	1400	250	120	700
Ice class vessel	20	1400	250	120	700
Container	12	1400	250	120	700
Reefer	12	700	150	120	700
Destroyer	12	700	150	120	700
Naval vessel	12	700	150	120	700

Met de bovenstaande tabel kan de uitloging van anodemateriaal berekend worden. Omdat de oppervlakte en het aantal schroeven, roeren, straalbuizen en boegschroeven per scheepstype niet bekend is, wordt voor de schatting hier tabel 3 gebruikt (Willems et al., 2002, geciteerd in [4,5]). In deze tabel staan de benodigde stroomdichtheden voor de romp, maar dan, in tegenstelling tot tabel 2, inclusief wat nodig is ter bescherming van de schroeven, roeren, straalbuizen en boegschroeven. Daarbij is de zeevaart in twee categorieën onderverdeeld.

Tabel 3: gemiddelde benodigde elektrische stroomdichtheid voor romp (inclusief bescherming schroeven, roeren, straalbuizen en boegschroeven) per type schip.

Type schip	Benodigde stroomdichtheid per oppervlakte van de romp (mA/m ²)
Tankers, bulk carriers, containerschepen	15
Ro/ro, supply, passenger, ferry en overige schepen	20

Onderstaande formule (Dwight formule) geeft in combinatie met de aanbevolen stroomdichtheden de mogelijkheid het aantal anodes te berekenen, maar ook om de corrosiesnelheid te bepalen. Uit de Dwight formule kan de formule voor de corrosiesnelheid in µg/cm².dag direct worden afgeleid. Deze ziet er als volgt uit:

$$\left(\frac{i_c * 2400}{\epsilon} \right) = \text{corrosiesnelheid (}\mu\text{g/cm}^2\text{.dag)} \quad (3)$$

Waarin:

i_c (mA/m²) = de benodigde elektrische stroomdichtheid;

ϵ , (Ah/kg) = de elektrische capaciteit van de anode;

De corrosiesnelheid voor de twee typen schepen staat weergegeven in tabel 4.

De emissiefactoren van zink en aluminium van de verschillende types schepen tijdens de vaart worden in Tabel 4 weergegeven. De toepassingsfactor is gebaseerd op de aanname dat 70% van de zeevaart gebruik maakt van zinkanodes, 12,5 % van aluminiumanodes en 17,5% van ICCP (Impressed Current Cathodic Protection) systemen [8]. De toepassingsfactoren voor de anodes zijn afkomstig uit 2003. In de literatuur zijn geen recentere gegevens gevonden over de toepassing. Het is niet zo eenvoudig om een nieuwe verhouding te bepalen in het gebruik van anodes, omdat schepen van over de hele wereld naar Antwerpen varen. Om die reden wordt de verhouding uit 2003 aangehouden.

Tabel 4: Emissiefactoren voor anodes aan de buitenkant van het schip tijdens varen op zoute wateren.

Type schip	corrosiesnelheid in $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$		Toepassingsfactor		Emissiefactor $\text{kg}/\text{m}^2.\text{dag}$	
	zink	aluminium	zink	aluminium	zink	aluminium
Tankers, bulk carriers, containerschepen	46	13,3	0.7	0.125	0,00032	0,00018
Ro/ro, supply, passanger, ferry en overige schepen	61,5	17,8	0,7	0,125	0,00043	0,00022

Uit de literatuur [4,9] blijkt dat de corrosiesnelheid in havens een factor 3 tot 5 lager is dan tijdens de vaart. Voor de berekening van de corrosiesnelheid tijdens het stilliggen en varen in havens is de emissiefactor daarom met een factor 5 verlaagd ten opzichte van die tijdens de zeevaart. De hoogste factor is hiervoor gebruikt, omdat de havens van Antwerpen een ver inland gelegen haven is, met minder zout water. Voor de Nederlandse situatie wordt een factor 4 gebruikt. De uitkomsten van deze exercitie staan in tabel 5 [4,5].

Tabel 5: Emissiefactoren voor anodes op zeeschepen in de haven tijdens stilliggen en varen in havens.

Type schip	corrosiesnelheid in $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$		toepassingsfactor		Emissiefactor	
	zink	aluminium	zink	aluminium	$\text{kg}/\text{m}^2.\text{dag}$	
					Zink	aluminium
Tankers, bulk carriers, containerschepen	9,2	2,7	0,7	0,125	0,0000644	0,00000333
Ro/ro, supply, passanger, ferry	12,3	3,6	0,7	0,125	0,0000861	0,00000450

Alternatieve methode met opgedrukte stroom

Naast de passieve bescherming wordt steeds vaker gebruik gemaakt van actieve anodische bescherming. Het opgedrukt stroomsysteem -ook wel Impressed Current (IC) genoemd - verschuift potentialen, waardoor het metaal wordt beschermd. In principe kan het IC-systeem de gehele buitenkant van het schip beschermen. Toch worden nog vaak in een combinatie met het IC-systeem passieve anodes geplaatst. De onderdelen van een schip die uitgerust worden met passieve anodes zijn: de boegschroeftunnel, de schroef en het roer. Aangezien er bij IC geen metaalionen in het water komen is dit de meest milieuvriendelijke anodische protectiemethode. Ook de aangroei van organismen blijft beperkt, wat tot een lager brandstofgebruik leidt.

EF prognoses

De ontwikkeling van de scheepsgrootte is van belang voor de ontwikkeling van de emissies door anodes. Door een groei van de gemiddelde scheepsgrootte neemt bij gelijkblijvend totaal tonnage het totaal nat oppervlak af, omdat grotere schepen relatief minder oppervlak hebben dan minder grote schepen. De ontwikkeling van de scheepsgrootte per scheepstype is gebaseerd op de ontwikkeling van de gemiddelde scheepsgrootte in de afgelopen 20 jaar [4,5]. Voor de komende 20 jaar wordt de volgende groei voorspeld:

1. geen groei in scheepsgrootte bij chemicaliëntankers en olieproducten, bulkcarriers, reefers en diversen;
2. gemiddelde groei van 20% voor containerschepen, general dry cargo, veerboten, passagiersschepen en RoRo's

Voor de prognoses wordt het Wet Surface Area berekend, waarbij wordt aangenomen dat de groei de scheepsgrootte van categorie 2, 5% bedraagt in 2015 en 10% in 2020. Door een groei van de gemiddelde scheepsgrootte neemt bij gelijkblijvend totaal tonnage het totaal nat oppervlak af, omdat grotere schepen relatief minder oppervlak hebben dan minder grote schepen. Voor de prognose wordt daarom aangenomen dat de groei van de schepen een kleiner nat oppervlak tot gevolg heeft, waardoor er minder zink en aluminium vrijkomt. In onderstaande tabel staan de berekende groeioprognoses weergegeven.

In paragraaf wordt de formule toegelicht om het WSA te berekenen:

$$WSA_{max} = K GT^{2/3}$$

Uit die formulie blijkt dat het het Gross Tonnage (GT; bruto tonnage) van een schip een goede maat is om het nat scheepsoppervlak te berekenen. De groeiprognose is een maat voor de grootte van het schip wat gerelateerd is aan een hoger bruto tonnage. Met behulp van de formule kan vervolgens de relatieve groei van het WSA berekend worden in m²/GT.

Er kan hierbij geen onderscheid worden gemaakt tussen verschillende typen schepen omdat alleen een prognose als totaal is geschat. Daarom wordt de prognose voor alle schepen gelijk verondersteld.

Tabel 6: Relatieve groei WSA (m²) door grotere schepen in 2015 en 2020 [4].

	WSA 2010	Prognose WSA 2015		Prognose WSA 2020	
		per schip	Totaal	per schip	Totaal
Chemicaliëntankers en olieproducten, bulkcarriers, reefers en diversen	8 686 698	-3,2%	8 686 698	-6,2%	8 686 698
Olietankers, containerschepen, general dry cargo, veerboten, passagiersschepen en roro's	12 631 857	0	12 227 594	0	11 854 195
totaal	21 318 554	-1,9%	20 914 292	-3,6%	20 540 893

5 Geografische locaties

De databank met zeevaartbewegingen aangeleverd door GHA [1] vormt de basis van de berekeningen. Records per uniek schip worden vertaald naar totalen voor elke mogelijke reisroute in het studiegebied. Het studiegebied omvat het zeehavengebied van Antwerpen zoals afgebakend in "het gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan Afbakening zeehavengebied Antwerpen" zoals voorlopig vastgelegd door de Vlaamse Regering op 27 april 2012. Voor schepen met een bestemming of gedeeltelijke vaarroute buiten het gRup-gebied wordt enkel de afstand of tijd binnen het gRup-gebied in rekening gebracht. Het gaat dus enkel om afgelegde afstanden of verblijftijden in de blauw aangeduide watervakken op de figuur.

Er worden in het studiegebied 45 locaties gedefinieerd die als aankomst- of vertrekplaats kunnen fungeren. Ze worden in volgende figuur gesitueerd met de INFRCODE van de doknaam.

In totaal zijn er 254 relevante reisroutes voor de zeevaart gedetecteerd in de databank. De lengte van de reisroute wordt niet in vogelvluchtafstand uitgedrukt, maar gemeten langs de lijn die de middelpunten van de vaarvakken tussen begin- en eindpunt met elkaar verbindt. Het is telkens een rechte lijn tussen de twee middelpunten. Aangezien er veel vaarvakken zijn, is de afwijking beperkt.

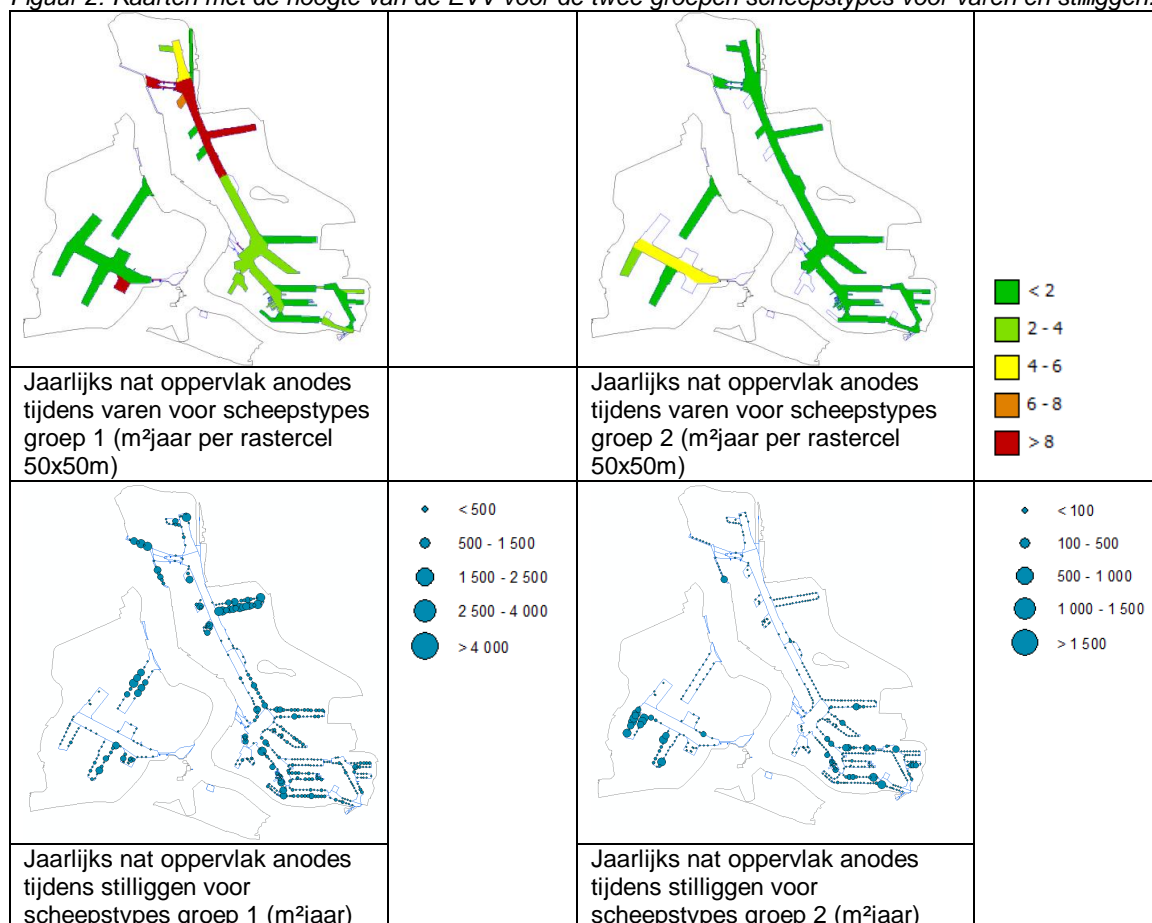
Voor de spreiding over de wateroppervlakken zal dezelfde route gebruikt worden als deze van de afstandsberekening. De totalen die aan elke reisroute hangen, worden volgens de oppervlakteverhouding van de verschillende vaarvakken gespreid.

De vaartijd van zeeschepen in het havengebied is berekend op basis van de geregistreerde meldtijden in de databank. In de berekening zijn vaartijden beschouwd voor volgende vaarbewegingen:

- varen vanaf het eerste meldpunt binnen de grenzen van het studiegebied tot aan een ligplaats (aankomst),
- wegvaren van een ligplaats tot aan het laatste meldpunt binnen de grenzen van het studiegebied (vertrek)
- en varen door het havengebied (transit) binnen de grenzen van het studiegebied.

De resulterende EVV-kaarten zijn in figuur 2 weergegeven.

Figuur 2: Kaarten met de hoogte van de EVV voor de twee groepen scheepstypes voor varen en stilliggen.



6 Emissieroutes en bruto-netto-emissies

Emissieroutes

De primaire emissie van de besproken emissiebron vindt in zijn geheel plaats naar het oppervlaktewater.

Pollutantvorm

De emissies naar oppervlaktewater van de geëmitteerde stoffen zullen het water bereiken in opgeloste vorm. Corrosie van metaal is het proces waarbij metaalionen uit de vaste fase (anodemetaal) in oplossing gaan. Zware metalen zijn redelijk oplosbaar maar zullen ook sorberen op sedimentpartikels.

Bruto emissies

In onderstaande tabellen staan de emissies door coatings op zeeschepen voor de jaren 2010, 2015 en 2020 in de Antwerpse haven. Hierbij wordt rekening gehouden met zowel de groei in de zeevaart als de prognose dat schepen in de toekomst groter zullen zijn.

Tabel 7: Emissies van zink door anodes aan de buitenkant van het schip voor de jaren 2010, 2015 en 2020 (kg/jaar)

Procesomschrijving	2010	Hoog scenario		Laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
Anodes zeeschepen varende van/naar/in havens	1 030	1 380	1 491	1 181	1 214
Anodes zeeschepen stilliggend in havens	8 712	11 675	12 615	9 995	10 273
<i>Subtotaal zeeschepen</i>	9 742	13 055	14 106	11 176	11 487

Tabel 8: Emissies van aluminium door anodes aan de buitenkant van het schip voor de jaren 2010, 2015 en 2020 (kg/jaar)

Procesomschrijving	2010	Hoog scenario		Laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
Anodes zeeschepen varende van/naar/in havens	53	71	77	61	63
Anodes zeeschepen stilliggend in havens	450	603	651	516	530
<i>Subtotaal zeeschepen</i>	503	674	728	577	593

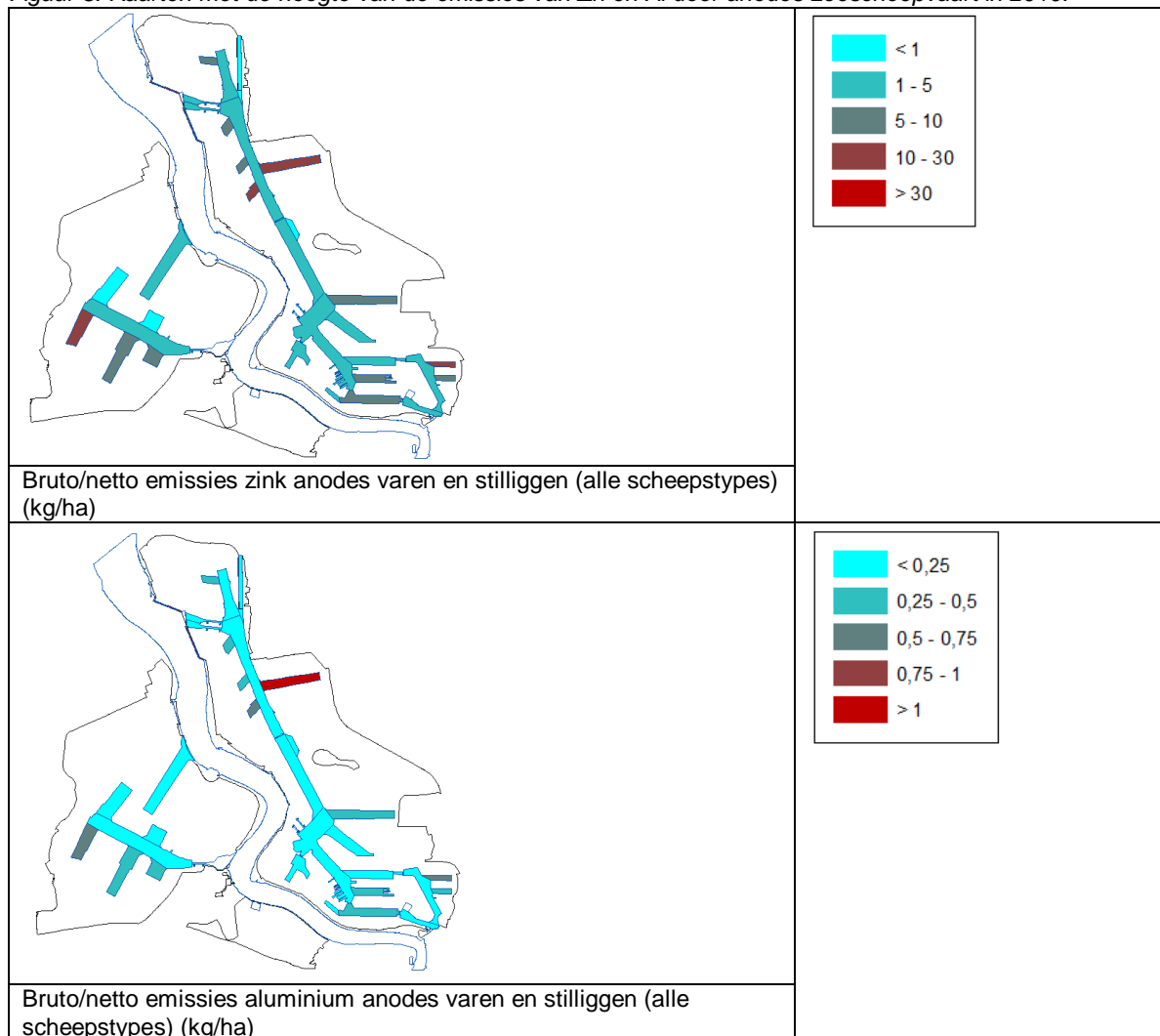
Netto emissies

De emissies berekend gaan voor 100% naar het oppervlaktewater. Daarmee zijn de bruto emissies gelijk aan de netto emissies.

7 Koppeling aan GIS-data en kwantificering

In figuur 3 zijn de emissies (de bruto emissies zijn gelijk aan de netto emissies) weergegeven in het Antwerpse Havengebied.

Figuur 3: Kaarten met de hoogte van de emissies van Zn en Al door anodes zeescheepvaart in 2010.



Tabel 9 bevat de procentuele verdeling van de zeescheepvaart voor de linker en de rechteroever.

Tabel 9: verdeling (%) van de zeescheepvaart over de linker en rechteroever in 2010.

	LO	RO
nat oppervlak stilliggen	21%	79%
nat oppervlak varen	25%	75%
Aluminium en zink emissies	23%	77%

In tabel 10 zijn de emissies (de bruto emissies zijn gelijk aan de netto emissies) weergegeven in de verschillende dokken van het Antwerpse Havengebied.

Tabel 10: De hoogte van de EVV, bruto/netto emissies van aluminium en zink in de verschillende dokken en aandeel per dok van de totale emissie in 2010.

zone	nat oppervlak stilliggen (m ² jaar)	nat oppervlak varen (m ² jaar)	bruto/netto emissies Al (kg)	bruto/netto emissies Zn (kg)	aandeel emissies
Delwaidedok	61 750	3 901	80	1 543	16%
Hansadok	34 425	3 868	49	942	10%
5e Havendok	26 058	234	34	664	7%
Deurganckdok	23 038	703	29	558	6%
Churchilldok	22 195	566	28	549	6%
Vrasenedok	20 594	960	29	566	6%
Verrebroekdok	20 535	915	34	659	7%
Kanaaldok B1	17 031	1 642	23	442	5%
Noordzeeterminal	13 255	0	16	312	3%
4e Havendok	12 098	97	15	288	3%
6e Havendok	11 148	643	15	285	3%
Kanaaldok B3	10 032	1 493	14	271	3%
Europaterminal	9 155	0	12	223	2%
Albertdok	8 812	696	12	240	2%
3e Havendok	8 482	183	11	204	2%
Insteekdok 1	7 982	123	10	191	2%
Leopolddok	7 827	206	12	228	2%
Zuidelijk insteekdok	6 793	1 146	10	187	2%
Amerikadok	5 225	374	8	149	2%
Insteekdok 4	5 099	143	6	123	1%
Marshalldok	4 619	653	6	124	1%
Insteekdok 2	4 186	69	5	100	1%
Insteekdok 3	4 125	455	6	108	1%
2e Havendok	2 954	11	4	85	1%
Waaslandkanaal	2 557	6 188	13	259	3%
Industriedok	1 666	7	2	39	0%
Doeldok	691	38	1	17	0%
Verbindingsgeul LED-ALD	324	42	0	9	0%
Kanaaldok B2	101	13 453	16	319	3%
Noordelijk insteekdok	36	11	0	1	0%
Duwvaart Schuildok	6	0	0	0	0%
Boudewijnsluis	0	100	0	2	0%
Berendrechtssluis	0	1 284	2	30	0%
Zandvlietsluis	0	803	1	19	0%
Albertkanaal	0	0	0	0	0%
ingang Deurganckdok	0	19	0	0	0%
Kallosluis	0	192	0	5	0%
Lillobrug	0	3	0	0	0%
Noordkasteelbrug	0	5	0	0	0%
Royerssluis	0	2	0	0	0%
Schelde - Rijnkanaal	0	1	0	0	0%
Wilmarsdonkbrug	0	0	0	0	0%
Grand Total	352 800	41 227	503	9 742	

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Het bovenstaande kan worden uitgedrukt in de classificatiesystematiek die wordt gebruikt in de publicatiereeks Emissieregistratie [6]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (CORE emission INventories AIR)..Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

Het aantal zeeschepen in de Antwerpse haven wordt zorgvuldig bijgehouden, wat een classificatie A voor dat deel van de emissieverklarende variabele oplevert. Het nat oppervlak van de schepen betreft berekeningen waarbij een aanname is gemaakt voor de totale diepging.. Totaal levert dit een voor de emissieverklarende variabele een classificatie B op.

De emissiefactoren zijn gebaseerd op aanbevelingen die vanuit technische kennis en praktijkervaring zijn opgesteld. Op grond hiervan wordt voor de emissiefactoren de classificatie C aangehouden.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten en de emissieroutes naar water zijn duidelijk geheel naar oppervlaktewater, zodat hiervoor de categorie A wordt gehanteerd. De regionalisatie wordt nader verklaard in hoofdstuk 5, deze wordt als B geclassificeerd.

Tabel 10: Kwaliteit van gegevens

Onderdeel emissieberekening	Classificatie
Emissieverklarende variabele	B
Emissiefactoren	C
Verdeling compartimenten	A
Emissieroute naar water	A
Regionalisatie	B

Verbeterpunten:

- Middels enquête zeevaart de verhouding bepalen van de gebruikte anodes.
- De corrosiesnelheid voor anodes in havens is gebaseerd op aannames.
- Er wordt alleen gerekend met de conventionele zink- en aluminiumanodes. Er is nog weinig informatie beschikbaar over IC anodes.
- Betere registratie van zeevaart bewegingen op basis van AIS signaal.

9 Referenties

- [1] Database “zeevaart”, geleverd door GHA op 10 april 2012. Deze gegevens zijn afkomstig van het datasysteem APICS (Antwerp Port Information & Control System) waarin de bewegingen van de zeeschepen evenals andere relevante informatie (identificatie, scheepsgrootte, lading, ea) worden bewaard.
- [2] Vanherle, K (TML), B. van Zeebroeck (TML) en J. Hulskotte (TNO), Emissiemodel voor spoorverkeer en scheepvaart in Vlaanderen: EMOSS, juli 2007.
- [3] De vlieger, I., et al., Transport: referentie- en Europa-scenario, wetenschappelijk rapport, toekomstverkenning MIRA2009, november 2009.
- [4] Hulskotte J. (TNO), H. Oonk (TNO); Factsheet Emissies van anodes bij zeescheepvaart en visserij, juni 2007, versie 3.
- [5] Factsheet Anodes zeescheepvaart en visserij, Rijkswaterstaat-Waterdienst, Emissieregistratie, versie juni 2010.
- [6] Most, P.F.J. van der et al., juli 1998. Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water. Publicatierreeks Emissieregistratie, nr. 44.
- [7] Database “prognoses”, geleverd door GHA op 29 mei 2012, op basis van: ECSA, Verbeke A., Haezendonck E., Dooms M. iov GHA, Actualisatie van de maritieme prognoses van de Economische Ontwikkelingsstudie (EOS), 2011.
- [8] Willems, M. et al.. Uitloging van anodesmateriaal van zeeschepen, 2003.
- [9] Environmental Protection Agency, *Nature of discharge report “Cathodic Protection, 1996.*

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Coatings binnenscheepvaart

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

Coatings binnenscheepvaart

1 Korte omschrijving van de emissiebron

In deze factsheet worden de emissies berekend ten gevolge van het uitlogen van de bij beroepsbinnenvaartuigen toegepaste coatingproducten, tijdens het stilliggen en het varen in de haven. Dit document beperkt zich tot de PAK-houdende (koolteer), epoxy- en bitumencoatings. De epoxy- en bitumencoatings zijn alternatieven zonder PAK of met geringe PAK-gehalten.

De bron coatings binnenscheepvaart valt onder de activiteit binnenscheepvaart.

2 Berekeningswijze van de emissies

De emissies worden op eenvoudige wijze berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV), hier het “nat oppervlak x afgelegde weg” van binnenvaartuigen in de haven van Antwerpen met een emissiefactor (EF) per stof en per coating type, uitgedrukt in emissie per eenheid van de EVV. De berekeningswijze is toegelicht in de Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen [1]. De effecten van de maatregelen zijn verwerkt als een penetratiegraad in het voorkomen van PAK-houdende coatings ten opzichte van alternatieven.

$$E_s = EVV \times F_t \times EF_{t,s} \quad (1)$$

Waarbij:

E_s	=	Emissie van stof s uit coating binnenscheepvaart (kg stof s/jaar)
EVV	=	Nat oppervlak x afgelegde weg in de haven van Antwerpen (m^2 km/jaar)
F_t	=	Penetratiegraad coating type t (fractie)
$EF_{t,s}$	=	Emissiefactor voor coating t en stof s (kg/m^2 km)

Als basis is gebruik gemaakt van de VMM factsheet [2].

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

De emissieverklarende variabele is het totale aantal kilometers van het natte scheepsoppervlak in de vaarwateren van de haven van Antwerpen. Voor de bepaling van de emissieverklarende variabele “ m^2 km nat oppervlak” is het aantal vaarkilometers in de havens van Antwerpen gebruikt en vermenigvuldigd met het aantal m^2 per schip onder water, waarbij rekening gehouden is met beladen en onbeladen vaart.

Nat oppervlak

GHA heeft een bestand aangeleverd [3] met daarin de registratie van de in- en uitgaande schepen waarin per schip o.a. de lengte, breedte, de maximum laadcapaciteit en het tonnage (het gewicht van de lading in ton) wordt gegeven.

Het natte oppervlak kan worden benaderd aan de hand van de lengte, breedte en het tonnage. Aangenomen wordt dat het bodemvlak van het schip bij benadering een rechthoek is waarvan de oppervlakte kan worden uitgerekend met $l \times b$. Hetzelfde wordt aangenomen voor de zijkanten ($l \times h$), voorkant en achterkant (beide $b \times h$).

Voor de berekening wordt uitgegaan van de volgende formule:

$$\begin{aligned} \text{Nat oppervlak} &= (l \times b) + 2(l \times h) + 2(b \times h) \\ &= (l \times b) + 2h(b + l) \end{aligned} \quad (2)$$

Waarin:

Nat oppervlak = de oppervlakte van het schip onder de waterspiegel (m²)
 l = de LOA (Length Over All) van het schip (m)
 b = de breedte van het schip (m)
 h = de hoogte van het schip (m). De hoogte is gelijk aan de diepgang.

Aangezien de diepgang niet geregistreerd wordt door het GHA, is deze op een andere manier berekend. Hiervoor is gebruik gemaakt van de wet van Archimedes, die voorschrijft dat elk drijvend object zijn eigen gewicht aan water verplaatst. Elke ton aan lading per m² schip zorgt dus voor een extra diepgang (of hoogte van het vlak onder de waterspiegel) van 1 meter. Dit wordt ondersteund door [6,7]. Voor de berekening van de hoogte wordt uitgegaan van de volgende formule:

$$\text{Hoogte} = 1 + \frac{\text{Lading}}{l \times b} \quad (3)$$

Waarin:

1 = de diepgang van het schip wanneer deze niet geladen is, in meters.
 Lading = het tonnage (t)

Met behulp van bovenstaande formules wordt het natte scheepsoppervlak bepaald voor de schepen in het Havengebied.

Afstand

De afgelegde afstand is berekend uit het meldpunt waar het schip de haven binnenvaart, het eerste dok waar lading wordt afgegeven/opgehaald en het meldpunt waar het schip de haven weer verlaat. Sommige binnenschepen kunnen meerdere locaties aandoen voor overslag (bv. containerschepen) of kunnen van/naar een tijdelijke ligplaats varen. Deze bewegingen worden echter niet geregistreerd in het huidige systeem zodat hier geen rekening mee kon worden gehouden met het bepalen van de afgelegde weg. De hier gepresenteerde afgelegde afstand is dus een onderschatting van de werkelijk gevaren afstanden.

De EVV (nat oppervlak x afgelegde weg) in de haven van Antwerpen (m² km) staat vermeld in tabel 1.

Tabel 1: Nat scheepsoppervlak in het Havengebied, 2010.

jaar	gemiddeld Nat oppervlak schepen (m ²)*	afgelegde weg (km)	Nat oppervlak schepen x afgelegde weg (m ² km)
2010	5 975	1.9E+08	1,46E+09
<i>Scenario hoog</i>			
2015	5 975	2,7E+08	2,06E+09
2020	5 975	3,0E+08	2,34E+09
<i>Scenario laag</i>			
2015	5 975	2,3E+08	1,77E+09
2020	5 975	2,5E+08	192E+09

* in de factsheet wordt geen rekening gehouden met een prognose voor de grootte van de binnenvaartschepen. Om die reden is het gemiddeld nat oppervlak doorgekopieerd uit 2010.

Prognose EVV

Voor de jaren 2015 en 2020 wordt de vervoersprestatie berekend aan de hand van prognoses die door GHA zijn aangeleverd [4]. In de prognoses wordt onderscheid gemaakt in twee verschillende scenario's; Scenario hoog en scenario laag. Bij het hoge scenario wordt voor de binnenvaart een groei van 41% verwacht in 2015 en 60% in 2020 (beide t.o.v. 2010). Het lage scenario geeft prognoses van 21% in 2015 en 31% in 2020 (beide t.o.v. 2010). De prognoses zijn verwerkt in tabel 1.

4 Emissiefactoren

De emissiefactoren uit de VMM factsheet [2] zijn gebruikt voor de berekening. De emissiefactoren zijn opgenomen in tabel 2.

Tabel 2: Emissiefactoren PAK coating en bitumencoating in $kg\cdot m^2\cdot km$.

PAK	EF PAK coating (koolteer coating) (kg/m^2km)	EF bitumen coating (kg/m^2km)
acenaftheen	1,11E-08	3,29E-10
acenaftyleen	1,11E-08	3,29E-10
antraceen	9,56E-09	2,19E-10
benzo[a]anthraceen	9,56E-09	2,97E-10
benzo[a]pyreen	9,56E-09	2,97E-10
benzo[b]fluorantheen	1,11E-08	3,29E-10
benzo[g,h,i]peryleen	9,56E-09	1,49E-10
benzo[k]fluorantheen	4,69E-09	1,49E-10
chryseen	9,56E-09	1,49E-10
dibenzo[a,h]anthraceen	1,11E-08	3,29E-10
fenanthreen	1,91E-08	1,49E-10
fluorantheen	1,91E-08	7,05E-11
fluoreen	1,11E-08	3,29E-10
indeno[1,2,3-cd]pyreen	9,56E-09	1,48E-09
naftaleen	1,96E-07	3,29E-10
pyreen	1,11E-08	3,29E-10
PAK16	3,63E-07	5,26E-09

De epoxycoatings bevatten in het geheel geen PAK.

Om de PAK emissie te kunnen berekenen is een inschatting nodig van de verhouding van de verschillende typen coatings die in de binnenvaart in gebruik zijn. Voor zover bekend is er in België geen verbod op het gebruik van PAK-houdende coatings (in de rest van Europa is er wel een aantal regelgevingen geratificeerd waarin het gebruik van PAK-houdende coatings wordt uitgefaseerd).

Op basis van Informatie van een Vlaamse scheepswerf [5] wordt ingeschat dat in Vlaanderen op ongeveer 80% van de binnenvaartschepen bitumen wordt opgebracht. Op maximaal 1% van de (vooral oudere) schepen wordt nog PAK coating (koolteer) toegepast en de overige binnenvaartschepen laten een epoxycoating opbrengen.

Prognose EF

Vooraf nieuwere schepen maken gebruik van epoxycoatings. Voor de jaren 2015 en 2020 wordt daarom aangenomen dat het percentage van bitumen af gaat nemen en dat de epoxycoating toe zal nemen. Bij de prognoses wordt aangenomen dat de binnenvloot zich jaarlijks met 1% vernieuwt, zie ook de factsheet "huishoudelijk afvalwater binnenvaart". De PAK coating wordt vooralsnog stabiel op 1% gehouden.

Tabel 3: Verdeling van typen coatings in 2010, 2015 en 2020.

jaar	PAK coating	Bitumen	Epoxy
2010	1 %	80 %	19 %
2015	1 %	75 %	24 %
2020	1 %	70 %	29 %

5 Geografische locaties

Voor de berekening van het natte oppervlak en de vervoersprestatie in de havens van Antwerpen vormt de databank met binnenvaartbewegingen aangeleverd door GHA [1] de basis.

Records per uniek schip worden vertaald naar totalen voor elke mogelijke reisroute in het studiegebied. Voor de reisroutes zijn de aanvoer, afvoer en transit data uit de database aangehouden. Binnenschepen kunnen meerdere locaties aandoen, maar in het huidige systeem van het GHA (dd 2011) wordt enkel de eerste bestemming van het binnenschip in het havengebied geregistreerd. Doordat sommige schepen meerdere locaties aandoen wordt een klein deel van de emissies dus niet in rekening gebracht en ook niet geografisch gelocaliseerd.

Het studiegebied wordt gedefinieerd door de grens uit het voorontwerp gRUP Zeehaven, versie april 2011. Voor schepen met een bestemming of gedeeltelijke vaarroute buiten het gRup-gebied wordt enkel de afstand of tijd binnen het gRup-gebied in rekening gebracht. Het gaat dus enkel om afgelegde afstanden of verblijftijden in de blauw aangeduide watervakken in figuur 1.

Er worden in het studiegebied 45 locaties gedefinieerd die als aankomst- of vertrekplaats kunnen fungeren. Ze worden in figuur 1 gesitueerd met de INFRCODE van de doknaam.

Figuur 1: Locaties die dienen als aankomst-vertrekplaats in havens van Antwerpen.



In totaal zijn er 282 relevante reisroutes voor de binnenvaart gedetecteerd in de databank. De lengte van de reisroute wordt niet in vogelvlucht afstand uitgedrukt, maar gemeten langs de lijn die de middelpunten van de vaarvakken tussen begin- en eindpunt met elkaar verbindt.

Voor de spreiding over de wateroppervlakken zal dezelfde route gebruikt worden als deze van de afstandsberekening. De totalen die aan elke reisroute hangen, worden volgens de oppervlakteverhouding van de verschillende vaarvakken gespreid.

De coating EVV (m²km) van binnenvaartschepen in het havengebied is berekend op basis van de gegeven dimensie van de schepen (zie punt 3 voor berekening nat oppervlak) met geregistreerde in/uit meldingen in de databank en de berekende lengte van de overeenkomstige routes (zoals beschreven in bovenstaande paragraaf). In de berekening is de afgelegde afstand beschouwd voor volgende vaarbewegingen en bijhorende routes:

- varen vanaf het meldpunt “in” tot aan het eerste dok van bestemming (in-dok traject);
- wegvaren vanaf het laatste dok van herkomst tot aan het meldpunt “uit” (dok-uit traject);
- en varen door het havengebied (transit) binnen de grensen van het studiegebied (in-uit traject).

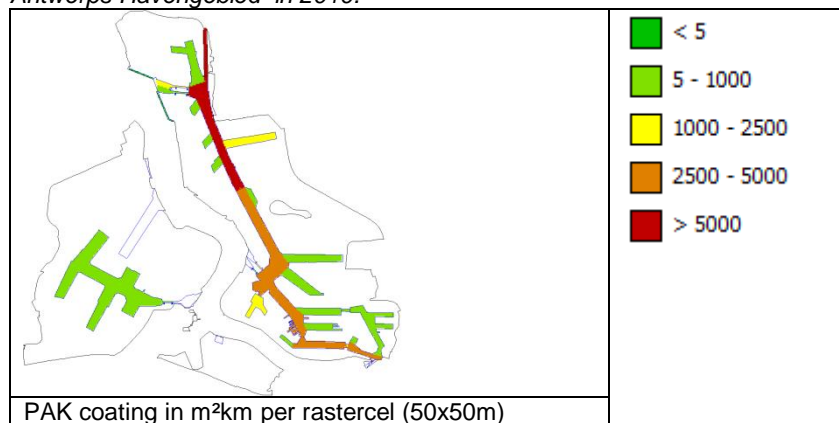
Het varen tussen ligplaatsen/dokken zonder passage over een in/uit meldpunt (intern vervoer op LO of RO) is niet in rekening gebracht omdat de beschikbare databank onvoldoende informatie bevat om deze trajecten af te bakenen en te kwantificeren.

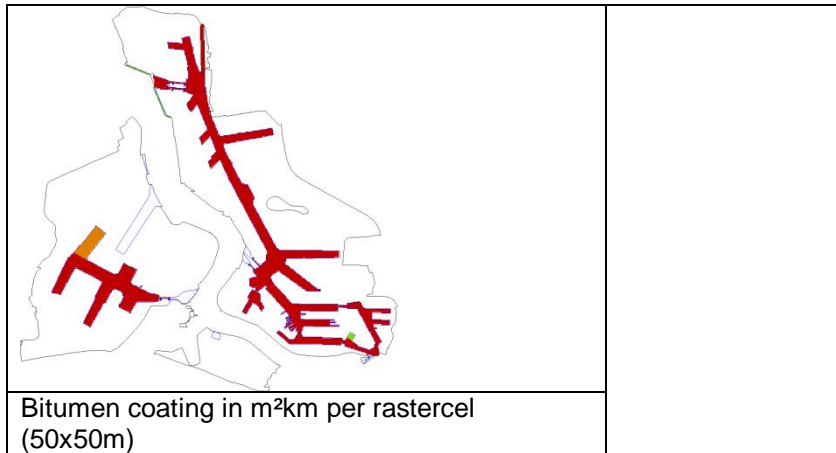
De dokken ten zuiden van de as Royersluis-Albertkanaal vallen buiten het studiegebied. Voor schepen die naar deze dokken varen is enkel het vaartraject tot aan de gebiedsgrens in rekening gebracht.

De Schelde valt eveneens buiten de contouren van het studiegebied. Varen op de Schelde is daarom niet in rekening gebracht. Voor alle bestemmingen behalve Deurganckdok is er een meldpunt bij het binnenvaren van het havengebied (studiegebied). Vervoerprestaties van schepen met bestemming Deurganckdok is niet in rekening gebracht omdat de beschikbare databank onvoldoende informatie bevat om deze trajecten af te bakenen en te kwantificeren. Het betreft een beperkt aantal records in de databank omdat binnenvaartschepen zelden Deurganckdok als bestemming hebben.

De geregionaliseerde EVV, de PAK en bitumen coating (m²km) van de binnenvaart in het Antwerpse Havengebied in 2010, is uitgewerkt in figuur 2.

Figuur 2: Het oppervlak per km (m²km) van de PAK en bitumen coating van de binnenvaartschepen in het Antwerps Havengebied in 2010.





6 Emissieroutes en bruto-netto-emissie

Emissieroutes

De route voor emissie vanuit coating door binnenvaartschepen gaat voor 100% naar het oppervlaktewater waarin het schip zich bevindt (geografische locatie).

Polluentvorm

De emissies naar oppervlaktewater van de geëmitteerde stoffen zullen het water bereiken in opgeloste vorm. De PAK die daarbij vrijkomen in het watermilieu hechten zich bij voorkeur aan de beschikbare vaste fase (sediment).

Bruto emissies

Tabel 4 geeft de bruto emissies voor de verschillende stoffen per jaar weer, uitgedrukt in kg/jaar. Met behulp van de emissiefactoren voor de afzonderlijke PAK voor de verschillende typen coating, het vóórkomen van deze coatings en de emissieverklarende variabele is de PAK emissie berekend.

Tabel 4: Bruto emissie uit coating van binnenscheepvaart [kg/jaar] in 2010, 2015 en 2020.

stofnaam	Scenario Hoog			Scenario Laag	
	2010	2015	2020	2015	2020
acenaftheen	0,55	0,77	0,88	0,66	0,72
acenaftyleen	0,55	0,77	0,88	0,66	0,72
antraceen	0,40	0,56	0,63	0,48	0,52
benzo[a]anthraceen	0,49	0,69	0,78	0,59	0,64
benzo[a]pyreen	0,49	0,69	0,78	0,59	0,64
benzo[b]fluorantheen	0,55	0,77	0,88	0,66	0,72
benzo[g,h,i]peryleen	0,31	0,44	0,50	0,38	0,41
benzo[k]fluorantheen	0,24	0,34	0,39	0,29	0,32
chryseen	0,31	0,44	0,50	0,38	0,41
dibenzo[a,h]anthraceen	0,55	0,77	0,88	0,66	0,72
fenanthreen	0,45	0,64	0,73	0,55	0,59
fluorantheen	0,36	0,51	0,58	0,44	0,47
fluoreen	0,55	0,77	0,88	0,66	0,72
indeno[1,2,3-cd]pyreen	1,87	2,63	3,00	2,27	2,45
naftaleen	3,25	4,58	5,21	3,94	4,26
pyreen	0,55	0,77	0,88	0,66	0,72
PAK16	11,44	15,59	17,13	13,89	15,02

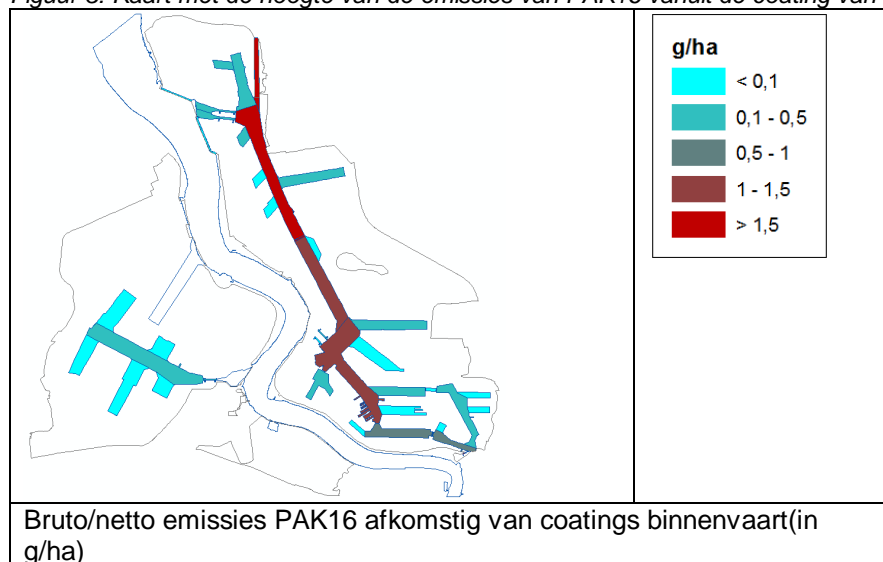
Netto emissie

De hier genoemde emissies vinden in het geheel plaats naar oppervlaktewater. Hierdoor is de bruto emissie gelijk aan de netto emissie, oftewel de belasting van het oppervlaktewater.

7 Koppeling aan GIS-data en kwantificering

In figuur 3 zijn de emissies voor PAK16 vanuit de coating binnenvaart weergegeven in het Antwerpse Havengebied. De bruto emissies zijn gelijk aan de netto emissies.

Figuur 3: Kaart met de hoogte van de emissies van PAK16 vanuit de coating van binnenvaartschepen in 2010.



De spreiding van de emissiebron over de linker- en rechteroever en het relatief belang van de verschillende dokzones worden weergegeven in tabel 5 en 6. De emissies van de verschillende stoffen verhouden zich over de dokzones op dezelfde manier als de EVV, het oppervlak per km. Alleen voor de somparameter PAK16 is de emissie van bitumen- en Pak coating weergegeven in tabel 8.

Tabel 5: Verdeling van de EVV over de linker- en rechteroever in 2010.

EVV	LO	RO	m ² km
Bitumen coating	5%	95%	1.168.592.920
PAK coating	5%	95%	14.607.412

Tabel 6: De hoogte van de EVV, bruto/netto emissies van PAK16 in de verschillende dokken en aandeel per dok van de totale emissie in 2010 voor bitumen- en PAK coating.

zone	PAK16 Bitumen coating (kg)	PAK16 PAK coating (kg)	Totaal (kg)	Aandeel
Kanaaldok B2	1,93	1,66	3,59	31%
Hansadok	1,58	1,36	2,95	26%
Kanaaldok B1	0,97	0,84	1,81	16%
5e Havendok	0,31	0,27	0,58	5%
Schelde - Rijnkanaal	0,30	0,26	0,56	5%
Waaslandkanaal	0,19	0,17	0,36	3%
Delwaidedok	0,17	0,14	0,31	3%
Amerikadok	0,15	0,13	0,27	2%
Marshalldok	0,08	0,07	0,16	1%
Kanaaldok B3	0,06	0,05	0,11	1%
Churchilldok	0,06	0,05	0,11	1%
Albertdok	0,05	0,05	0,10	1%
Leopolddok	0,04	0,04	0,08	1%

zone	PAK16 Bitumen coating (kg)	PAK16 PAK coating (kg)	Totaal (kg)	Aandeel
Zandvlietsluis	0,04	0,03	0,07	1%
Vrasenedok	0,03	0,03	0,06	1%
6e Havendok	0,03	0,02	0,05	0%
Verrebroekdok	0,02	0,02	0,04	0%
Berendrechtsluis	0,02	0,02	0,04	0%
Zuidelijk insteekdok	0,02	0,02	0,03	0%
Insteekdok 3	0,01	0,01	0,03	0%
4e Havendok	0,01	0,01	0,02	0%
Insteekdok 4	0,01	0,01	0,02	0%
Royerssluis	0,01	0,01	0,02	0%
Insteekdok 1	0,01	0,01	0,01	0%
Noordelijk insteekdok	0,01	0,01	0,01	0%
Kallosluis	0,00	0,00	0,01	0%
3e Havendok	0,00	0,00	0,01	0%
Doeldok	0,00	0,00	0,01	0%
Duwvaart Schuildok	0,00	0,00	0,01	0%
Boudewijnsluis	0,00	0,00	0,01	0%
Insteekdok 2	0,00	0,00	0,01	0%
2e Havendok	0,00	0,00	0,00	0%
Noordkasteelbrug	0,00	0,00	0,00	0%
Verbindingsgeul LED-ALD	0,00	0,00	0,00	0%
Lillobrug	0,00	0,00	0,00	0%
Industriedok	0,00	0,00	0,00	0%
Albertkanaal	0,00	0,00	0,00	0%
Van Cauwelaertsluis	0,00	0,00	0,00	0%
Noordkasteeldok	0,00	0,00	0,00	0%
Noordzeeterminal	0,00	0,00	0,00	0%
Europaterminal	0,00	0,00	0,00	0%
Wilmarsdonkbrug	0,00	0,00	0,00	0%
Totaal	6,15	5,30	11,45	

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt aangesloten bij de werkwijze, die gebaseerd is op de methodiek van CORINAIR (CORE emission INventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

De emissieverklarende variabele is het totale aantal kilometers van het natte scheepsoppervlak in de havens van Antwerpen. Bij de berekening is middels formules het oppervlak en de diepgang geschat. De afstand van de binnenvaart is berekend met behulp van de aangeleverde database door GHA [1]. De EVV krijgt een B. De emissiefactoren zijn gebaseerd op een beperkt aantal metingen van een aantal jaren geleden, die zijn geëxtrapoleerd naar het heden op grond van aannames. De toegepaste coatings zijn gebaseerd op een beperkte steekproef. Op grond hiervan wordt voor de emissiefactoren de classificatie C aangehouden.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten is duidelijk geheel naar oppervlaktewater, zodat hiervoor de categorie A wordt gehanteerd. De regionalisatie van de emissies is vrij betrouwbaar, wat resulteert in een betrouwbaarheidsclassificatie B.

Tabel 9: Betrouwbaarheid onderdelen emissieberekening

onderdeel emissieberekening	betrouwbaarheidsclassificatie
Emissieverklarende variabele	B
Emissiefactoren	C
Verdeling compartimenten	A
Regionalisatie	B

Verbeterpunten:

- De verdeling van de typen coating is gebaseerd op een beperkte steekproef en kan worden verbeterd door een uitgebreidere inventarisatie.
- Verbetering van de emissiefactoren voor de PAK's
- De diepgang van de scheepvaart is nu een aanname. Indien het per schip wordt vastgelegd in de database wordt de berekening degelijker.
- De bewegingen van de binnenscheepvaart zullen in de toekomst beter worden gevolgd door het GHA zodat de EVV ook met meer accuraatheid bepaald zal kunnen worden.

9 Referenties

- [1] CIW-CUWVO werkgroep VI, februari 1997. Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen.
- [2] VMM factsheet, coating binnenscheepvaart, 2009.
- [3] Database "binnenvaart", geleverd door GHA op 15 mei 2012. Binnenvaartschepen dienen te melden waar en wanneer ze gebruik maken van de haven (Scheldekaaien, dokken). Hierbij dienen ze volgende gegevens aan te leveren: FD-nummer, naam, tonnenmaat, herkomst, bestemming, lading: aard en hoeveelheid, doorvaart of verblijf in de haven. Deze gegevens worden verzameld door het Havenbedrijf om het verschuldigde binnenscheepvaartrecht te bepalen en worden nadien bijgehouden voor statistiek ea.
- [4] Database "prognoses", geleverd door GHA op 29 mei 2012, op basis van: ECSA, Verbeke A., Haezendonck E., Dooms M. iov GHA, Actualisatie van de maritieme prognoses van de Economische Ontwikkelingsstudie (EOS), 2011.
- [5] Bron: Mondelinge mededeling dhr. Raymond Lamberts, CASCO Hemiksem BVBA, 11 mei 2012.
- [6] Schuttevaer.nl, Concept position paper klimaatverandering en binnenvaart, Klimaatnotitie 2007.doc, april 2007.
- [7] Bron: Mondelinge mededeling Jan Hulskotte, TNO, februari 2012.

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Schroefasvet binnenscheepvaart

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

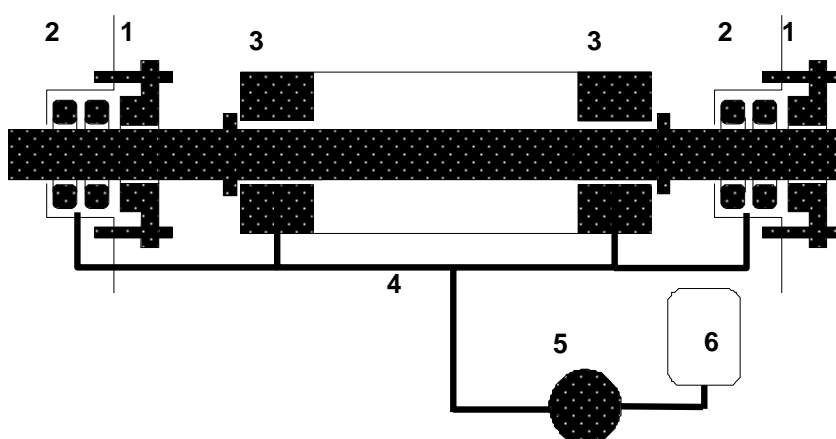
Schroefasvet binnenscheepvaart

1 Korte omschrijving van de emissiebron

Ten gevolge van verliezen van schroefasvet van binnenvaartschepen komen diverse stoffen in het oppervlaktewater.

Bij de meeste schepen zijn de schroefas en de lagers in een tunnel geplaatst die van de machinekamer naar de scheepshuid loopt. Aan de achterzijde van deze tunnel zijn afdichtingen geplaatst die voorkomen dat buitenwater langs de as het schip en de machinekamer binnendringt. De lagers en afdichtingen van schroefassystemen worden gesmeerd. Het smeermiddel heeft als functie het verlagen van wrijvingsweerstand maar ook het koelen van de lagervoeringen en pakkingen, het tegenhouden van het intredende water en het remmen van corrosie. Zie figuur 1 voor een schematische weergave van het principe van een vetgesmeerde schroefasafdichting.

Figuur 1. Vetgesmeerde schroefasafdichting [1].



Tussen de lagers (1) en de loopbussen (2) wordt via een vetleiding (4) smeervet ingebracht. Via diezelfde vetleiding wordt vet toegevoerd naar de voor- en achterafdichtingen (3).

De vetpomp (plunjerpomp) (5) zorgt voor een constante overdruk en aanvoer van nieuw vet vanuit het vetreservoir (6).

Er zijn drie typen smeersystemen in gebruik in de binnenscheepvaart voor schroefasafdichtingen. De traditionele vetgesmeerde systemen zijn lang het meest gebruikte systeem geweest maar deze maken nu plaats voor asafdichtingen met een water- of oliesmering. De nadelen van vetgesmeerde schroefaslagers en -afdichtingen zijn het ontstaan van afgewerkt vet, het moeilijk kunnen verversen van het vet en het feit dat een aanzienlijk deel van het smeervet in het oppervlaktewater terecht komt.

Deze emissiebron wordt toegerekend aan de activiteit binnenscheepvaart.

2 Toelichting berekeningswijze

De emissies worden op eenvoudige wijze berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV), de vervoersprestatie in de haven van Antwerpen, met een emissiefactor (EF) per stof en per type vet/smering, uitgedrukt in emissie per eenheid van de EVV.

De effecten van de maatregelen zijn verwerkt als een penetratiegraad in het voorkomen van diverse typen vet/smering. Daarnaast is in de afleiding van de emissiefactoren een geleidelijke verbetering van de lekdekdichtheid van de smeersystemen aangenomen.

$$E_s = EVV \times F_t \times EF_s \quad (1)$$

Waarbij:

E_s	=	Emissie van zink, lood of minerale olie uit schroefasvet (kg stof s/jaar)
EVV	=	Vervoersprestatie in het Antwerpse havengebied (miljoen ladington km/jaar)
F_t	=	Penetratiegraad vet/smering type t (%)
$EF_{t,s}$	=	Emissiefactor voor zink, lood of minerale olie (kg/miljoen ladington km)

De basis voor deze berekening vormt de Nederlandse factsheet Schroefasvet binnenvaart [5].

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

De emissieverklarende variabele “vervoersprestatie in ladingtonkilometers in de haven van Antwerpen” is berekend met behulp van een database, beschikbaar gesteld door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen [2]. De afgelegde afstand is berekend uit het meldpunt waar het schip de haven binnenvaart, het eerste dok waar lading wordt afgegeven/opgehaald en het meldpunt waar het schip de haven weer verlaat. Sommige binnenschepen kunnen meerdere locaties aandoen voor overslag (bv. containerschepen) of kunnen van/naar een tijdelijke ligplaats varen. Deze bewegingen worden echter niet geregistreerd in het huidige systeem zodat hier geen rekening mee kon worden gehouden met het bepalen van de afgelegde weg.

In Tabel 1 wordt de vervoersprestatie getoond.

Tabel 1. Vervoersprestatie van de binnenvaart in de haven van Antwerpen als emissieverklarende variabele in miljoen ladingtonkilometers.

Jaar	Vervoersprestatie in het Antwerps Havengebied (miljoen ladington km)
2010	937
<i>hoog scenario</i>	
2015	1321
2020	1503
<i>laag scenario</i>	
2015	1137
2020	1230

Prognose EVV

Voor de jaren 2015 en 2020 wordt de vervoersprestatie berekend aan de hand van prognoses die door GHA zijn aangeleverd [9]. In de prognoses wordt onderscheid gemaakt in twee verschillende scenario's; Scenario hoog en scenario laag. Bij het hoge scenario wordt voor de binnenvaart een groei van 41% verwacht in 2015 en 60% in 2020 (beide t.o.v. 2010). Het lage scenario geeft prognoses van 21% in 2015 en 31% in 2020 (beide t.o.v. 2010). De prognoses zijn verwerkt in tabel 1.

4 Emissiefactoren

Smeervetten bestaan voor het grootste deel uit minerale olie (ca. 90%) [13]. De rest bestaat uit additieven en zepen. Er zijn volgens de leveranciers geen emissies van benzeen en toluen te verwachten. De twee grootste leveranciers [3] geven aan geen lood meer te gebruiken in hun smeervetten. Eén leverancier beweert lood nog slechts in één enkele jaarlijkse batch voor automotoren te verwerken. De emissies van lood zullen dus gering zijn in vergelijking met de huidige schatting. Lood is, waarschijnlijk al vóór 1996, grotendeels vervangen door zink(naftenaat) of andere componenten. Er komen verder geen zware metalen voor, behalve

bijvoorbeeld lithium als verdikker in de zeepcomponent van het vet. Volgens de leveranciers bevatten de schroefasvaskervetten geen PAK.

Er wordt kortom alleen een emissie verwacht van zink. De emissie van lood wordt verondersteld 0 te zijn en er treden geen emissies op van PAK.

Vetgesmeerde systemen en verliespercentages

Omdat een deel van het schroefasvet in het oppervlaktewater terecht komt trachten de leveranciers de schadelijkheid van de smeervetten te verminderen. Zo is lood de afgelopen jaren vrijwel geheel uit de smeervetten verdwenen en zijn er ook verschillende biologisch afbreekbare producten op de markt verschenen. Het huidige marktaandeel van deze biologisch afbreekbare producten is onbekend maar de verwachting van de twee grootste leveranciers voor de Nederlandse markt [3] is dat dit aandeel de komende jaren zeker zal toenemen. Uit de Nederlandse scheepsmilieucontroles van Rijkswaterstaat blijkt dat het percentage biologisch schroefasvet sinds 2002 toeneemt [7]. Hoeveel dit percentage bedraagt, is echter niet bekend.

Vooralsnog is gerekend met een percentage zinkhoudend schroefasvet van 87%, gebaseerd op de Nederlandse factsheet [5].

Tabel 2: Aangenomen verdeling lood- en zinkhoudende en biologisch afbreekbare schroefasvetten binnenvaartschepen [5] in 2010, 2015 en 2020.

jaar	Aandeel Loodhoudende smeervetten	Aandeel Zinkhoudende smeervetten	Aandeel biologisch afbreekbare smeervetten
2010	0%	87%	13%
2015	0%	86%	14%
2020	0%	85%	15%

Het aandeel schroefasvet dat naar het oppervlaktewater wordt geëmitteerd wordt aan de hand van de Nederlandse factsheet [5] op 30% geschat in 2010. Voor 2015 en 2020 wordt rekening gehouden met de vernieuwing van schepen in de binnenvaart. Deze gebruiksfactoren en verliespercentages zijn gebaseerd op het totale gebruik aan smeervet, gebaseerd op de hoeveelheid ingezameld en de aangenomen hoeveelheid die is geloofd.

Emissiefactoren van zink

In schroefasvet wordt zinknaftenaat gebruikt, dat een emissie van zink veroorzaakt naar het oppervlaktewater. Voor zink is een emissiefactor berekend aan de hand van een door een producent opgegeven formulering [2]. In een batch van ca. 5.000 kg schroefasvet zit ca. 150 kg zinknaftenaat. Het gehalte zink hierin is 10% of wel 15 kg. De emissiefactor voor zink is 0,003 kg Zn/kg schroefasvet.

Op basis van de Nederlandse vervoersprestatie in 2001 van 41.972 mln ladingtonkm en de totale hoeveelheid vet verbruikt in Nederland [5] is een gebruiksfactor berekend voor Zinknaftenaat van:

$$\begin{aligned} \text{Gebruiksfactor Zink} &= 0,003 \text{ kg Zn/kg schroefasvet} \times 189.254 \text{ kg vet} / 41.972 \text{ mln ladingtonkm} = 0,0135 \text{ kg zink per miljoen ladingtonkm} \\ \text{Gebruiksfactor minerale olie} &= 90\% \times 189.254 \text{ kg vet} / 41.972 \text{ mln ladingtonkm} = 4,058 \text{ kg minerale olie per miljoen ladingtonkm} \end{aligned}$$

De emissiefactor van zink waarmee de emissie berekend wordt, wordt daarom op 0,0135 kg/ladingtonkm gehouden. Uitgaande van het verliespercentage van 30% wordt dan een emissiefactor berekend van $0,0135 \times 30\% = 0,0041$ kg/miljoen ladingtonkm. Voor Minerale olie komt dat uit op 1,22 kg/miljoen ladingtonkm, zie tabel 3.

Tabel 3: Tijdreeks emissiefactoren berekend met vermeld verliespercentage (kg / miljoen ladingtonkm)

Jaar	Verlies percentage	Lood	Zink	Minerale olie
2010	30%	0	0,0041	1,2174
2015	28,5%	0	0,0038	1,1566
2020	27%	0	0,0036	1,0957

Alternatieve systemen

Er worden steeds meer olie- of watergesmeerde asafdichtingen geïnstalleerd in nieuwbouwschepen. Bij bestaande schepen worden daarnaast steeds meer oude vetgesmeerde afdichtingen vervangen door 'ombouwssystemen' op water- of oliebasis [4].

Oliegesmeerde systemen zorgen over het algemeen voor een betere afdichting dan vetgesmeerde systemen en verliezen nauwelijks of geen smeermiddel en laten vrijwel geen water door. Een nadeel van dit soort systemen is echter de ingewikkelde constructie. Gesloten oliegesmeerde systemen zijn vaak uitsluitend installeerbaar in nieuwbouwschepen. Het inbouwen van de meeste oliegesmeerde afdichtingen in bestaande schepen is ingewikkeld en duur [6].

Watergesmeerde systemen hebben als voordeel dat het smeermiddel water milieuvriendelijk is. Nadeel is echter het feit dat water minder goed smeert en daardoor extra koeling nodig is. Ook kan water corrosie veroorzaken. Corrosie-inhibitoren en glycolen komen in het bilgewater of via achterafdichting in het oppervlaktewater terecht. Meestal gaat het hier om kleine hoeveelheden weglekkend systeemwater en lage concentraties aan additieven. Deze additieven zijn mogelijk ook milieubelastend. Het risico van het vrijkomen van onbekende hoeveelheden additieven in het milieu zal vooral bij onderhoud bestaan.

Onderzoek [1] geeft aan dat er sinds 1996 steeds minder traditionele vetgesmeerde asafdichtingen worden gebruikt en deze worden vervangen door systemen op water of oliebasis. Voor 2015 en 2020 wordt er vanuit gegaan dat er minder vetgesmeerde systemen in omloop zijn, zie tabel 3. Daarbij wordt rekening gehouden met de vernieuwing in de binnenvaart. Het percentage vernieuwing wordt in mindering gebracht op het verlies van het schroefasvet.

Prognoses vernieuwing binnenvaart [12]

In de periode 2000-2005 is de Belgische binnenvaart met 7,5% nieuwe schepen toegenomen [8]. In de daarop volgende jaren is er, wellicht door de slechte economie, minder toename van nieuwe schepen geweest. In statistieken over het jaar 2010 blijkt dat er in 2010 slechts één nieuw schip aan de Vlaamse Vloot is toegevoegd [9]. De Nederlandse vloot moderniseert in een sneller tempo. Tussen 2000 en 2008 zijn er honderden schepen in de vaart gebracht [12], zo'n 5% en ook in Duitsland vindt, door een gunstige wetgeving, vernieuwing plaats. Aangezien er veel internationale binnenvaartschepen in de havens van Antwerpen aanmeren wordt er aangenomen dat er jaarlijks 1% nieuwe binnenvaartschepen bijkomen. Voor 2015 is dat een stijging met 5% en voor 2020 zal het aantal met 10% toenemen. Er wordt aangenomen dat er in de nieuwe schepen faciliteiten zijn ingebouwd om het huishoudelijk afvalwater op te vangen.

5 Geografische lokaties

Voor de berekening van de vervoersprestatie in de havens van Antwerpen vormt de databank met binnenvaartbewegingen aangeleverd door GHA [1] de basis van de berekeningen. Records per uniek schip worden vertaald naar totalen voor elke mogelijke reisroute in het studiegebied. Voor de reisroutes zijn de aanvoer, afvoer en transit data uit de database aangehouden.

Het studiegebied wordt gedefinieerd door de grens uit het voorontwerp gRUP Zeehaven, versie april 2011. Voor schepen met een bestemming of gedeeltelijke vaarroute buiten het gRup-gebied wordt enkel de afstand of tijd binnen het gRup-gebied in rekening gebracht. Het gaat dus enkel om afgelegde afstanden of verblijftijden in de blauw aangeduide watervakken in figuur 2.

Er worden in het studiegebied 45 locaties gedefinieerd die als aankomst- of vertrekplaats kunnen fungeren. Ze worden in figuur 2 gesitueerd met de INFRCODE van de doknaam.

In totaal zijn er 282 relevante reisroutes voor de binnenvaart gedetecteerd in de databank. De lengte van de reisroute wordt niet in vogelvluchtafstand uitgedrukt, maar gemeten langs de lijn die de middelpunten van de vaarvakken tussen begin- en eindpunt met elkaar verbindt.

Voor de spreiding over de wateroppervlakken zal dezelfde route gebruikt worden als deze van de afstandsberekening. De totalen die aan elke reisroute hangen, worden volgens de oppervlakteverhouding van de verschillende vaarvakken gespreid.

De vervoerprestatie (ladingtonkm) van binnenvaartschepen in het havengebied is berekend op basis van de geregistreerde in/uit meldingen in de databank en de berekende lengte van de overeenkomstige routes (zoals beschreven in bovenstaande paragraaf). In de berekening zijn vervoerprestaties beschouwd voor volgende vaarbewegingen en bijhorende routes:

- varen vanaf het meldpunt "in" tot aan het eerste dok van bestemming (in-dok traject);
- wegvaren vanaf het laatste dok van herkomst tot aan het meldpunt "uit" (dok-uit traject);
- en varen door het havengebied (transit) binnen de grensen van het studiegebied (in-uit traject).

Het varen tussen ligplaatsen/dokken zonder passage over een in/uit meldpunt (intern vervoer op LO of RO) is niet in rekening gebracht omdat de beschikbare databank onvoldoende informatie bevat om deze trajecten af te bakenen en te kwantificeren.

De dokken ten zuiden van de as Royersluis-Albertkanaal vallen buiten het studiegebied. Voor schepen die naar deze dokken varen is enkel het vaartraject tot aan de gebiedsgrens in rekening gebracht.

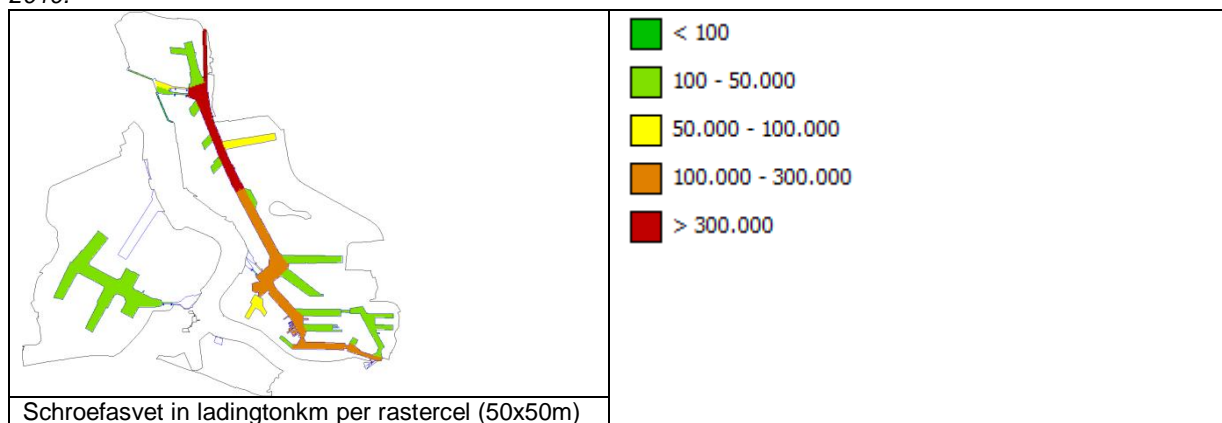
De Schelde valt eveneens buiten de contouren van het studiegebied. Varen op de Schelde is daarom niet in rekening gebracht. Voor alle bestemmingen behalve Deurganckdok is er een meldpunt bij het binnenvaren van het havengebied (studiegebied). Vervoerprestaties van schepen met bestemming Deurganckdok is niet in rekening gebracht omdat de beschikbare databank onvoldoende informatie bevat om deze trajecten af te bakenen en te kwantificeren. Het betreft een beperkt aantal records in de databank omdat binnenvaartschepen zelden Deurganckdok als bestemming hebben.

De geregionaliseerde EVV, het aantal miljoen ladingtonkilometer gevaren door de binnenvaart in het Antwerpse Havengebied in 2010, is uitgewerkt in figuur 3.

Figuur 2: Locaties die dienen als aankomst-vertrekplaats in havens van Antwerpen.



Figuur 3: Het aantal miljoen ladingtonkm gevaren door binnenvaartschepen in het Antwerps Havengebied in 2010.



6 Emissieroutes en bruto-netto-emissies

Emissieroutes

De route voor spoelwater geloosde door binnenvaartschepen gaat voor 100% naar het oppervlaktewater waarin het schip zich bevindt (geografische locatie).

Polluentvorm

De emissies van de geëmitteerde stoffen zullen via het schroefasvet deels in opgeloste vorm rechtstreeks in het oppervlaktewater terechtkomen en deels als vloeibare fase (smeervetten).

De minerale olie in het schroefasvet is lichter dan water en blijft op water drijven. Het veroorzaakt een dunne laag op het water. Na verloop van tijd raakt de oliefase verdeeld in de waterfase (emulsie). De voorkomende zware metalen in het schroefasvet zijn redelijk oplosbaar maar zullen ook sorberen op sedimentpartikels.

Bruto emissies

Onderstaande tabel geeft de emissies voor de verschillende stoffen per jaar weer, uitgedrukt in kg/jaar. De emissies zijn berekend door vermenigvuldiging van de emissiefactoren met het percentage zinkhoudend schroefasvet, het verliespercentage en de emissieverklarende variabele. Hierbij is rekening gehouden met het verdwijnen van lood uit smeervetten en het later geleidelijk vervangen van de smeervetten door biologisch afbreekbare alternatieven.

Tabel 4: Emissie naar het oppervlakte water door schroefasvet binnenvaartschepen (kg/jaar).

stof	2010	scenario hoog		scenario laag	
		2015	2020	2015	2020
lood	0	0	0	0	0
zink	3,8	5,0	5,4	4,3	4,4
minerale olie	1 141	1 528	1 647	1 315	1 347

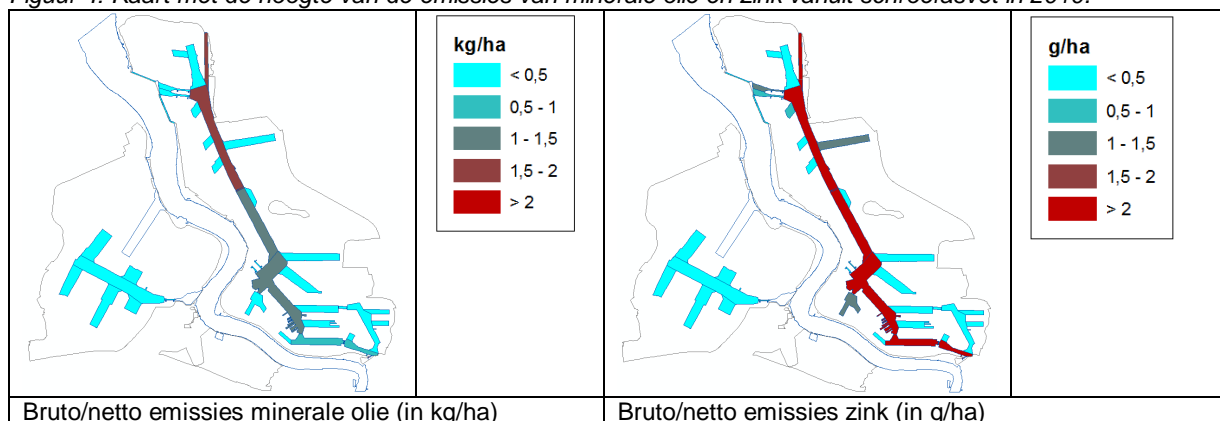
Netto emissies

De hier genoemde emissies vinden in zijn geheel plaats naar oppervlaktewater. Derhalve zijn de netto emissies naar oppervlaktewater gelijk aan de bruto emissies.

7 Koppeling van GIS-data en kwantificering

In figuur 4 zijn de emissies voor een aantal stoffen, minerale olie en zink, weergegeven in het Antwerpse Havengebied. De bruto emissies zijn gelijk aan de netto emissies.

Figuur 4: Kaart met de hoogte van de emissies van minerale olie en zink vanuit schroefasvet in 2010.



De spreiding van de emissiebron over de linker- en rechteroever en het relatief belang van de verschillende dokzones worden weergegeven in tabel 5 en 6. De emissies van minerale olie en zink verhouden zich over de dokzones op dezelfde manier als de EVV, de ladingtonkilometers in tonkm.

Tabel 5: Verdeling van de EVV over de linker- en rechteroever in 2010.

	LO	RO	Totaal (ladingtonkm)
EVV	4%	96%	936 928 454

Tabel 6: De hoogte van de EVV, bruto/netto emissies van minerale olie en zink in de verschillende dokken en aandeel per dok van de totale emissie in 2010.

Zone	Minerale olie (kg)	Zink (kg)	Aandeel
Kanaaldok B2	363,25	1,22	32%
Hansadok	298,29	1,00	26%
Kanaaldok B1	179,12	0,60	16%

Zone	Minerale olie (kg)	Zink (kg)	Aandeel
Schelde - Rijnkanaal	58,72	0,20	5%
5e Havendok	58,55	0,20	5%
Delwaidedok	31,38	0,11	3%
Waaslandkanaal	31,10	0,10	3%
Amerikadok	27,72	0,09	2%
Marshalldok	16,72	0,06	1%
Kanaaldok B3	9,34	0,03	1%
Churchilldok	8,68	0,03	1%
Albertdok	8,53	0,03	1%
Leopolddok	7,70	0,03	1%
Zandvlietsluis	6,49	0,02	1%
Vrasenedok	5,06	0,02	0%
6e Havendok	4,39	0,01	0%
Berendrechtssluis	3,72	0,01	0%
Verrebroekdok	3,31	0,01	0%
Insteekdok 3	2,70	0,01	0%
Zuidelijk insteekdok	2,24	0,01	0%
4e Havendok	2,14	0,01	0%
Insteekdok 4	1,99	0,01	0%
Royerssluis	1,85	0,01	0%
Insteekdok 1	0,89	0,00	0%
3e Havendok	0,88	0,00	0%
Doeldok	0,87	0,00	0%
Noordelijk insteekdok	0,77	0,00	0%
Kallosluis	0,70	0,00	0%
Duwvaart Schuuldok	0,66	0,00	0%
Insteekdok 2	0,63	0,00	0%
Boudewijnsluis	0,62	0,00	0%
Noordkasteelbrug	0,34	0,00	0%
Lillobrug	0,31	0,00	0%
Verbindingsgeul LED-ALD	0,27	0,00	0%
2e Havendok	0,24	0,00	0%
Albertkanaal	0,18	0,00	0%
Industriedok	0,16	0,00	0%
Van Cauwelaertsluis	0,09	0,00	0%
Noordzeeterminal	0,01	0,00	0%
Noordkasteeldok	0,00	0,00	0%
Europaterminal	0,00	0,00	0%
Wilmarsdonkbrug	0,00	0,00	0%
Totaal	1140,62	3,84	

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de werkwijze die in de publicatiereeks Emissieregistratie wordt aangehouden [10]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (CORE emission INventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

De emissieverklarende variabele is geleverd door het GHA, waarin de binnenscheepvaart in de havens van Antwerpen nauwkeurig is vastgelegd. De gevaren kilometers zijn vervolgens geschat middels het bestemmingdok. De betrouwbaarheid krijgt een B. Algemeen kan worden gesteld dat de emissiefactoren gebaseerd zijn op een beperkt aantal metingen van een aantal jaren geleden, die zijn geëxtrapoleerd naar het heden op grond van aannames. In de huidige schatting is rekening gehouden met de effecten van lopende maatregelen.

De emissiefactoren zijn afgeleid uit de Nederlandse situatie. In de loop der jaren bleek de EF vrij constant te blijven. De aanname dat er een verliespercentage van 30% is voor het smeervet berust op schattingen. Op grond hiervan kan voor de emissiefactoren de classificatie C worden aangehouden.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten en de emissieroutes naar water zijn duidelijk geheel naar oppervlaktewater, zodat hiervoor de categorie A wordt gehanteerd. De regionalisatie van de emissies ten slotte is vrij betrouwbaar, wat resulteert in een betrouwbaarheidsclassificatie B.

Tabel 7: Betrouwbaarheid onderdelen emissieberekening.

onderdeel emissieberekening	betrouwbaarheidsclassificatie
Emissieverklarende variabele	B
Emissiefactoren	C
Verdeling compartimenten	A
Emissieroutes naar water	A
Regionalisatie	B

Verbeterpunten::

- Nauwkeuriger inventarisatie van de gebruikte smeermiddelen (andere stoffen);
- Periodieke monitoring van de actuele verliespercentages;
- Verbetering van de emissiefactoren;
- De bewegingen van de binnenscheepvaart zullen in de toekomst beter worden gevolgd door het GHA zodat de EVV ook met meer accuraatheid bepaald zal kunnen worden.

9 Referenties

- [1] Schroefasdingen onderzoek, voorlopige resultaten van een onderzoek verkregen via dhr. R. Weekhout (ministerie van V&W DGG).
- [2] Database "binnenvaart", geleverd door GHA op 15 mei 2012. Binnenvaartschepen dienen te melden waar en wanneer ze gebruik maken van de haven (Scheldekaaien, dokken). Hierbij dienen ze volgende gegevens aan te leveren: FD-nummer, naam, tonnenmaat,

herkomst, bestemming, lading: aard en hoeveelheid, doorvaart of verblijf in de haven. Deze gegevens worden verzameld door het Havenbedrijf om het verschuldigde binnenscheepvaartrecht te bepalen en worden nadien bijgehouden voor statistiek ea.

- [3] Communicatie (24-11-2004) met dhr Peter Cornelis, TOTAL Nederland en Communicatie (19-11-2004) met dhr Schouten van Axel Christiernsson (www.axelch.nl)
- [4] Model Afvalproductie Binnenscheepvaart, afstudeerverslag van R.F.E. Weekhout aan Instituut voor Petroleum en Gastechologie "Noorder Haaks" Den Helder voor de Stichting Scheepsafvalstoffen Binnenvaart, 1997.
- [5] Rijkswaterstaat Waterdienst, Deltares, TNO. Emissieschattingen Diffuse bronnen, Factsheet Schroefasvet binnenscheepvaart, EmissieRegistratie juni 2011.
- [6] Stichting Scheepsafvalstoffen Binnenvaart (SAB), SAB-inzamelnet ingezamelde volumes oliehoudende KGA in de periode 1994 t/m 2007.
- [7] Jan Stap Onderzoek en Communicatie, Scheepsmilieucontroles 2000-2004.
- [8] Jan Stap Onderzoek en Communicatie, Scheepsmilieucontroles 2005-2007.
- [9] CBS Statline voor vervoersprestatie van binnenvaartschepen op binnenlands traject.
- [10] Most, P.F.J. van der et al., juli 1998. Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water. Publicatiereeks Emissieregistratie, nr. 44.
- [11] Database "prognoses", geleverd door GHA op 29 mei 2012, op basis van: ECSA, Verbeke A., Haezendonck E., Dooms M. iov GHA, Actualisatie van de maritieme prognoses van de Economische Ontwikkelingsstudie (EOS), 2011.
- [12] Expertise- en InnovatieCentrum Binnenvaart (EICB)
<http://www.informatie.binnenvaart.nl/schepen/binnenvaartvloot.html>.
- [13] Communicatie (6-07-2012) met mevr. Laura Deelen, KLT bv, leverancier smeervetten.

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Anodes binnenscheepvaart

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

Anodes binnenscheepvaart

1 Korte omschrijving van de emissiebron

Door de corrosie van zinken opofferingsanodes van beroepsbinnenvaartuigen komt zink vrij in het oppervlaktewater. Anodes worden op de buitenwand van de scheepshuid gelast om het gedeelte van het schip dat zich onder de waterlijn bevindt tegen corrosie te beschermen. Kathodische bescherming is alleen nodig wanneer twee of meer verschillende metalen onder water elektrisch geleidend met elkaar zijn verbonden, bijvoorbeeld het staal van de romp en de messing kogelkranen of het brons van de schroef en het roestvast staal van de schroefas. Om corrosie te voorkomen wordt gebruik gemaakt van “offerblokken” of anodes. Deze zijn gemaakt van een metaal dat een potentiaalverschil heeft met het metaal dat beschermd moet worden. Door de anode wordt een potentiaalverschil aangebracht waardoor de anode zich als het ware opoffert voor het te beschermen metaal en oplost in het water. In de binnenvaart worden meestal zink, aluminium en magnesium gebruikt als “offermetaal”.

Deze emissiebron wordt toegerekend aan de activiteit binnenscheepvaart.

2 Berekeningswijze van de emissies

De emissies worden op eenvoudige wijze berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV), hier de verblijftijd per binnenvaartschip in de haven van Antwerpen, met een emissiefactor (EF) voor zink, uitgedrukt in emissie per eenheid van de EVV.

$$E_s = EVV \times EF \quad (1)$$

Waarbij:

E_s = Emissie van stof (s) uit anodes binnenscheepvaart (kg stof s/jaar)
EVV = De verblijftijd van een binnenvaartschip in de haven van Antwerpen (dagen/jaar)
EF = Emissiefactor stof (kg/binnenschip)

De emissies per schip worden gesommeerd tot de totale emissie voor de zinkanodes

De op deze wijze berekende emissie wordt de bruto emissie genoemd.

De basis voor deze berekening vormt de Nederlandse factsheet voor corrosie van anodes bij de binnenscheepvaart [1].

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

De emissieverklarende variabele is het aantal binnenschepen in de haven van Antwerpen per jaar. De informatie over het aantal actieve binnenvaartuigen in de haven van Antwerpen is afkomstig uit de, door GHA, aangeleverde bestanden voor de binnenvaart [2]. Per schip wordt de verblijftijd uitgerekend. In Tabel 1 staat het aantal aanlopen (bezoeken) door binnenvaartschepen in de haven van Antwerpen.

Tabel 1: Emissieverklarende variabele, het aantal bezoeken per jaar van binnenvaartschepen in GHA in 2010, 2015 en 2020.

jaar	het aantal bezoeken van binnenvaartschepen in GHA	verblijftijd van de binnenvaartschepen in GHA (dagen)
2010	92 759	126 623
<i>Scenario hoog</i>		
2015	130 770	178 511
2020	148 818	203 148
<i>Scenario laag</i>		
2015	112 562	153 655
2020	121 739	166 183

Prognose EVV

Voor de jaren 2015 en 2020 wordt de vervoersprestatie berekend aan de hand van prognoses die door GHA zijn aangeleverd [6]. In de prognoses wordt onderscheid gemaakt in twee verschillende scenario's; Scenario hoog en scenario laag. Bij het hoge scenario wordt voor de binnenvaart een groei van 41% verwacht in 2015 en 60% in 2020 (beide t.o.v. 2010). Het lage scenario geeft prognoses van 21% in 2015 en 31% in 2020 (beide t.o.v. 2010). De prognoses zijn verwerkt in tabel 1.

4 Emissiefactoren

In de WSV (Water Systeem Verkenningen) doelgroepstudie Binnenvaart [3] werd nog uitgegaan van een emissiefactor van ongeveer 5 kg zink per actief binnenvaartschip per jaar. Dit getal was gebaseerd op een gebruik van zinkanodes door 10% van de binnenvaartvloot en een verbruik van 100 kg zink per schip met zinkanodes in de twee jaar.

Een evaluatie van deze gegevens door RIZA (Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling), inmiddels opgegaan in de RWS Waterdienst, in 2007 bij scheepswerven, deskundigen en Regionale Directies van Rijkswaterstaat heeft uitgewezen dat deze schatting te hoog is geweest. Dit heeft geleid tot een aanpassing van de eerdere schattingen. De hieronder weergegeven cijfers zijn gebaseerd op een document over zinkanodes [4], waarbij nieuwe aannames werden gemaakt voor het gebruik van zinkanodes. In de nieuwe berekening is aangenomen dat 25% van de binnenvaartvloot gebruik maakt van zinkanodes. Daarnaast zou 50% gebruikmaken van aluminiumanodes en 25% van magnesiumanodes. De emissiefactor is omgerekend naar een gemiddelde per schip, onafhankelijk van het soort anodes wat gebruikt wordt.

Het hoge cijfer van 100 kg zinkanodes per schip, die in twee jaar helemaal zouden zijn opgebruikt, blijkt vooral gebaseerd op aanbevelingen van producenten van zinkanodes. In de praktijk blijken deze cijfers aanzienlijk lager te liggen: een aanname van 6 zinkanodes van ca. 3 kg elk per schip die in gemiddeld 3 jaar worden vervangen lijkt realistischer te zijn. Hiermee wordt een emissiefactor per schip van $(3 \times 6) / 3 \times 25\% = 1,5$ kg zink per actief binnenvaartschip per jaar berekend. Per dag komt dat neer op 4,12 gram.

Over aluminium anodes is weinig informatie te vinden. Daarom is bovenstaande berekening voor de zinkanodes ook gebruikt voor de aluminium anodes. Het soortelijk gewicht van aluminium is een stuk lager dan dat voor zink, 2,7 resp. 7,1 kg/dm³. Het gewicht voor de aluminium anodes wordt met deze verhouding gecorrigeerd. Het toepassingspercentage voor aluminium anodes ligt op 50%. De emissiefactor voor aluminium anodes wordt vervolgens berekend $(3 \times (2,7/7,1) \times 6) / 3 \times 50\% = 1,14$ kg aluminium per actief binnenvaartschip per jaar, per dag is dat 3,13 gram.

Over de werking van zinkanodes in zoet water is echter veel discussie. De laatste tijd is men steeds meer van mening dat zink minder goed zou werken in zoet water dan aluminium. De indruk bestaat dat het gebruik van zinkanodes vermindert en het gebruik van aluminiumanodes toeneemt. Een alternatief voor het gebruik van anodes zou het "opgedrukt stroomsysteem" of

“impressed current - IC” kunnen zijn. Deze IC-systemen worden echter om technische en financiële redenen nog niet op grote schaal toegepast op binnenvaartschepen.

Over de implementatie en effecten van deze maatregelen en ontwikkelingen is echter geen betrouwbare informatie beschikbaar. De emissiefactor wordt derhalve verondersteld constant te blijven in de tijd, zie tabel 2.

Tabel 2: Emissiefactor in gram/dag per binnenvaartschip.

Jaar	2010	2015	2020
EF zink (gram/dag)	4,12	4,12	4,12
EF aluminium (gram/dag)	3,13	3,13	3,13

In de factsheet voor de anodes in de zeevaart worden de emissies op een andere manier berekend. De gebruikte methodiek is toegespitst op de zeevaart en er worden emissiefactoren voor zowel varende als stilliggende schepen in acht genomen. De emissies vanuit de zinkanodes in de binnenvaart worden op een heel andere manier berekend. Het onderscheid tussen varen en stilliggen kan niet gemaakt worden in deze methodiek.

5 Geografische locaties

Voor de berekening van het aantal schepen in de havens van Antwerpen vormt de databank met binnenvaartbewegingen aangeleverd door GHA [1] de basis van de berekeningen. Vervolgens wordt de reisroutes per uniek schip gebruikt voor het regionaliseren van de emissies. Voor de reisroutes zijn de aanvoer, afvoer en transit data uit de database aangehouden.

Binnenschepen kunnen meerdere locaties aandoen, maar in het huidige systeem van het GHA (dd 2011) wordt enkel de eerste bestemming van het binnenschip in het havengebied geregistreerd. Doordat sommige schepen meerdere locaties aandoen wordt een klein deel van de emissies dus niet in rekening gebracht en ook niet geografisch gelocaliseerd.

Het studiegebied wordt gedefinieerd door de grens uit het voorontwerp gRUP Zeehaven, versie april 2011. Voor schepen met een bestemming of gedeeltelijke vaarroute buiten het gRup-gebied wordt enkel de afstand of tijd binnen het gRup-gebied in rekening gebracht. Het gaat dus enkel om afgelegde afstanden of verblijftijden in de blauw aangeduide watervakken in figuur 1.

Er worden in het studiegebied 45 locaties gedefinieerd die als aankomst- of vertrekplaats kunnen fungeren. Ze worden in figuur 1 gesitueerd met de INFRCODE van de doknaam.

In totaal zijn er 282 relevante reisroutes voor de binnenvaart gedetecteerd in de databank. De lengte van de reisroute wordt niet in vogelvluchtafstand uitgedrukt, maar gemeten langs de lijn die de middelpunten van de vaarvakken tussen begin- en eindpunt met elkaar verbindt.

Voor de spreiding over de wateroppervlakken zal dezelfde route gebruikt worden als deze van de afstandsberekening. De totalen die aan elke reisroute hangen, worden volgens de oppervlakteverhouding van de verschillende vaarvakken gespreid.

De verblijftijd van binnenvaartschepen in het havengebied is berekend op basis van de geregistreerde in/uit meldingen in de databank en overeenkomstige meldtijdstippen. De verblijftijd is berekend als het tijdsverschil tussen de melding “in” en de melding “uit”. Bij de geografische spreiding is de verblijftijd gelijkmatig verdeeld over het overeenkomstige traject. De beschouwde trajecten zijn:

- varen vanaf het meldpunt “in” tot aan het eerste dok van bestemming (in-dok traject);
- wegvaren vanaf het laatste dok van herkomst tot aan het meldpunt “uit” (dok-uit traject);
- en varen door het havengebied (transit) binnen de grenzen van het studiegebied (in-uit traject).

Figuur 1: Locaties die dienen als aankomst-vertrekplaats in havens van Antwerpen.



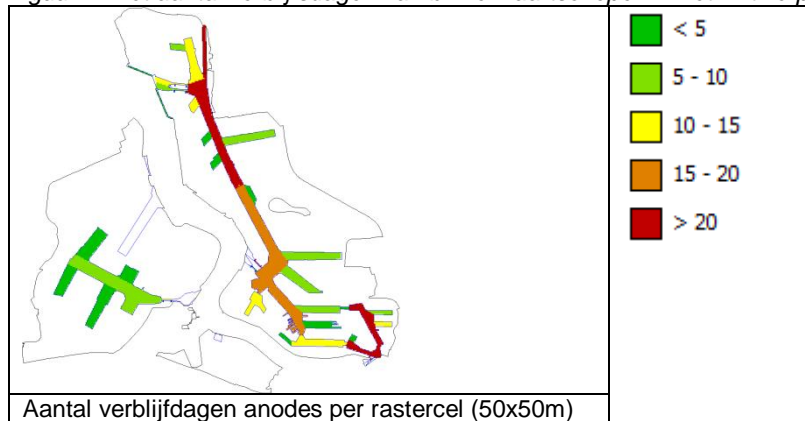
Voor transit verblijven wordt de verblijftijd dus uitgepreid over het in-uit traject. Voor niet-transit verblijven (gekende kaai/dok bestemming) wordt de verblijftijd verspreid over het in-dok traject en het dok-uit traject. Trajecten tussen ligplaatsen/dokken zonder passage over een in/uit meldpunt (intern vervoer op LO of RO) zijn niet in rekening gebracht bij de regionalisatie omdat de beschikbare databank onvoldoende informatie bevat om deze trajecten af te bakenen en te kwantificeren.

De dokken ten zuiden van de as Royersluis-Albertkanaal vallen buiten het studiegebied. Voor schepen die naar deze dokken varen is enkel het vaartraject tot aan de gebiedsgrens in rekening gebracht.

De Schelde valt eveneens buiten de contouren van het studiegebied. Varen op de Schelde is daarom niet in rekening gebracht. Voor alle bestemmingen behalve Deurganckdok is er een meldpunt bij het binnenvaren van het havengebied (studiegebied). Trajecten met bestemming Deurganckdok zijn niet in rekening gebracht omdat de beschikbare databank onvoldoende informatie bevat om deze trajecten af te bakenen en te kwantificeren. Het betreft een beperkt aantal records in de databank omdat binnenvaartschepen zelden Deurganckdok als bestemming hebben.

De geregionaliseerde EVV, de verblijftijd van de binnenvaartschepen in het Antwerpse Havengebied in 2010, is uitgewerkt in figuur 2.

Figuur 2: Het aantal verblijfsdagen van binnenvaartschepen in het Antwerps Havengebied in 2010.



6 Emissieroutes en bruto-netto-emissies

Emissieroutes

De route voor zink als gevolg van de corrosie door zinkanodes door binnenvaartschepen gaat voor 100% naar het oppervlaktewater waarin het schip zich bevindt (geografische locatie).

Polluentvorm

De emissies naar oppervlaktewater van de geëmitteerde stoffen zullen het water bereiken in opgeloste vorm. Corrosie van metaal is het proces waarbij metaalionen uit de vaste fase (anodemetaal) in oplossing gaan. Zware metalen zijn redelijk oplosbaar maar zullen ook sorberen op sedimentpartikels. Typisch raakt naar verloop van tijd de waterbodem van waterlichamen met verhoogde metaalconcentraties in het water eveneens verontreinigd.

Bruto emissies

Onderstaande tabel geeft de emissies weer, uitgedrukt in kg/jaar. De emissies zijn berekend door vermenigvuldiging van de emissiefactor met de emissieverklarende variabele. De berekening houdt rekening met een binnenvaarvloot waarvan 25% rondvaart met zinkanodes. In de prognoses wordt geen rekening gehouden met veranderende technologie of een veranderende verhouding in gebruik zinkanodes, aluminiumanodes of andere systemen.

Tabel 3: Emissie als gevolg van zinkanodes in de binnenscheepvaart in kg/jaar.

	2010	scenario hoog		scenario laag	
		2015	2020	2015	2020
zink	520	734	835	631	683
aluminium	396	396	396	396	396

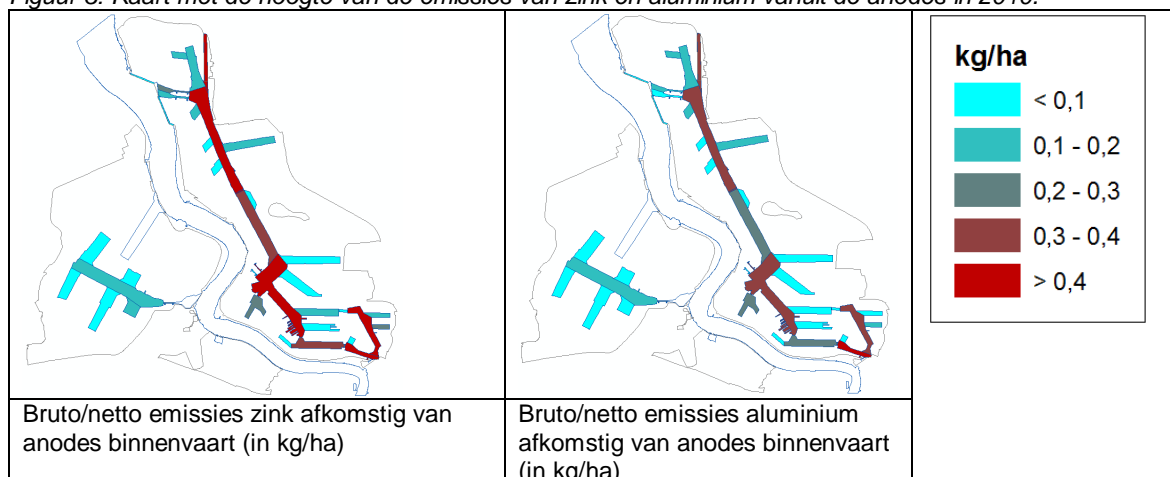
Netto emissies

De emissie door corrosie van zinkanodes in de binnenscheepvaart gaan 100% direct naar het oppervlaktewater. De bruto emissies zijn derhalve gelijk aan de netto emissies.

7 Koppeling aan GIS-data en kwantificering

In figuur 3 zijn de emissies (de bruto emissies zijn gelijk aan de netto emissies) weergegeven in het Antwerpse Havengebied.

Figuur 3: Kaart met de hoogte van de emissies van zink en aluminium vanuit de anodes in 2010.



De spreiding van de emissiebron over de linker- en rechteroever en het relatief belang van de verschillende dokzones worden weergegeven in tabel 4 en 5. De zink en aluminium emissies verhouden zich over de dokzones op dezelfde manier als het aantal verblijfdagen.

Tabel 4: Verdeling van de EVV over de linker- en rechteroever in 2010.

	LO	RO	Totaal aantal verblijfdagen
EVV	9%	91%	126 623

Tabel 5: De hoogte van de EVV, bruto/netto emissies van zink en aluminium in de verschillende dokken en aandeel per dok van de totale emissie.

zone	verblijfdagen	zink (kg)	aluminium (kg)	aandeel
Kanaaldok B2	25 765	105,9	80,5	20%
Hansadok	25 562	105,1	79,9	20%
Kanaaldok B1	12 425	51,1	38,8	10%
Albertdok	9 496	39,0	29,7	7%
Waaslandkanaal	8 360	34,4	26,1	7%
Royerssluis	7 709	31,7	24,1	6%
5e Havendok	5 308	21,8	16,6	4%
Amerikadok	4 638	19,1	14,5	4%
Schelde - Rijnkanaal	4 403	18,1	13,8	3%
Kanaaldok B3	3 342	13,7	10,4	3%
Marshalldok	2 763	11,4	8,6	2%
Delwaidedok	2 533	10,4	7,9	2%
Churchilldok	1 719	7,1	5,4	1%
6e Havendok	1 616	6,6	5,0	1%
Leopolddok	1 406	5,8	4,4	1%
Vrasenedok	1 177	4,8	3,7	1%
Zandvlietsluis	969	4,0	3,0	1%
Zuidelijk insteedok	950	3,9	3,0	1%
2e Havendok	780	3,2	2,4	1%
Insteedok 3	754	3,1	2,4	1%
4e Havendok	738	3,0	2,3	1%
Albertkanaal	667	2,7	2,1	1%
Insteedok 4	628	2,6	2,0	0%
Berendrechtsluis	568	2,3	1,8	0%
3e Havendok	467	1,9	1,5	0%
Verrebroekdok	427	1,8	1,3	0%
Boudewijnsluis	236	1,0	0,7	0%
Kallosluis	220	0,9	0,7	0%
Noordelijk insteedok	207	0,8	0,6	0%
Duwvaart Schuildok	180	0,7	0,6	0%

zone	verblijfdagen	zink (kg)	aluminium (kg)	aandeel
Doeldok	175	0,7	0,5	0%
Insteekdok 1	151	0,6	0,5	0%
Insteekdok 2	68	0,3	0,2	0%
Verbindingsgeul LED-ALD	63	0,3	0,2	0%
Industriedok	37	0,2	0,1	0%
Van Cauwelaertsluis	34	0,1	0,1	0%
Noordkasteelbrug	30	0,1	0,1	0%
Noordkasteeldok	28	0,1	0,1	0%
Lillobrug	19	0,1	0,1	0%
Europaterminal	4	0,0	0,0	0%
Noordzeeterminal	1	0,0	0,0	0%
Wilmarsdonkbrug	0	0,0	0,0	0%
Totaal	126 623	520	396	

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de werkwijze die in de publicatiereeks Emissieregistratie wordt aangehouden [5]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (CORE emission INventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

De emissieverklarende variabele is geleverd door het GHA en wordt in categorie A ingedeeld. De emissiefactor is gebaseerd op een beperkt aantal metingen van een aantal jaren geleden, die recent zijn getoetst aan de praktijk. Er is echter geen rekening gehouden met de effecten van lopende maatregelen. Op grond hiervan kan voor de emissiefactor de classificatie C worden aangehouden.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten en de emissieroutes naar water zijn duidelijk geheel naar oppervlaktewater, zodat hiervoor de categorie A wordt gehanteerd. De regionalisatie van de emissies is vrij betrouwbaar, wat resulteert in een betrouwbaarheidsclassificatie B.

Tabel 6: Kwaliteit van gegevens.

onderdeel emissieberekening	betrouwbaarheidsclassificatie
Emissieverklarende variabele	A
Emissiefactoren	C
Verdeling compartimenten	A
Emissieroutes naar water	A
Regionalisatie	B

Verbeterpunten:

- Er is nog weinig informatie beschikbaar over het gebruik en de emissiefactoren voor aluminiumanodes in de binnenvaart.
- Verbetering van de informatie waarop de emissiefactor is gebaseerd, zowel het aantal zinkanodes per schip, het gemiddelde gewicht per anode, de vervangingstermijn en het percentage schepen dat gebruik maakt van zinkanodes.

- Wellicht kan er, net als bij anodes zeescheepvaart, ook met varende en stilliggende bewegingen rekening worden gehouden en kan de gebruikte methodiek bij de zeevaart worden vertaald naar de binnenvaart.
- In de prognose is nog geen effect verwerkt van de invoering van alternatieve methoden, zoals "IC-systemen".
- De bewegingen van de binnenscheepvaart zullen in de toekomst beter worden gevolgd door het GHA zodat de EVV ook met meer accuraatheid bepaald zal kunnen worden.

9 Referenties

- [1] Rijkswaterstaat Waterdienst, Deltares, TNO. Emissieschattingen Diffuse bronnen, Factsheet Zinkanodes binnenscheepvaart, EmissieRegistratie april 2010.
- [2] Database "binnenvaart", geleverd door GHA op 15 mei 2012. Binnenvaartschepen dienen te melden waar en wanneer ze gebruik maken van de haven (Scheldekaaien, dokken). Hierbij dienen ze volgende gegevens aan te leveren: FD-nummer, naam, tonnenmaat, herkomst, bestemming, lading: aard en hoeveelheid, doorvaart of verblijf in de haven. Deze gegevens worden verzameld door het Havenbedrijf om het verschuldigde binnenscheepvaartrecht te bepalen en worden nadien bijgehouden voor statistiek ea..
- [3] Waveren, R.H. en I. Zeegers, september 1997. Watersysteemverkenningen 1996. Doelgroepstudie en Beleidsanalyse Binnenvaart. RIZA rapport 97.063.
- [4] Röling, I.S., 2002. *Zinkanodes binnenvaart*. RIZA werkdocument.
- [5] Most, P.F.J. van der *et al.*, juli 1998. *Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water*. Publicatierreeks Emissieregistratie, nr. 44.
- [6] Database "prognoses", geleverd door GHA op 29 mei 2012, op basis van: ECSA, Verbeke A., Haezendonck E., Dooms M. iov GHA, Actualisatie van de maritieme prognoses van de Economische Ontwikkelingsstudie (EOS), 2011.

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Bilgewater binnenscheepvaart

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

Bilgewater binnenscheepvaart

1 Korte omschrijving emissiebron

Deze factsheet beschrijft de emissies ten gevolge van het lozen van met olie verontreinigd water dat in de bilgeruimte (onder in de machinekamer) van binnenvaartschepen ontstaat. Bilgewater moet door binnenvaartschippers worden afgegeven bij een daartoe erkende inzamelaar. In de haven van Antwerpen kan bilgewater, binnen de internationale regeling van het CDNI-verdrag (inzameling en verwerking van afval van de binnenvaart), gratis afgegeven worden. Er wordt echter aangenomen dat een gedeelte toch nog illegaal wordt geloosd en/of gemorst.

In deze factsheet wordt de wijze beschreven, waarop deze emissies van bilgewater worden berekend. Bilgewater kan naast olie vaak ook nog andere verontreinigingen bevatten, zoals schoonmaak- en oplosmiddelen, koelvloeistoffen en vetten. Dit document beperkt zich tot de minerale olie die in het bilgewater aanwezig is en de hoeveelheid PAK die hierin zit. Zware metalen worden niet verwacht als emissie en dus niet bij deze bron meegenomen.

De emissies van PAK uit olie in bilgewater wordt toegerekend aan de activiteit binnenscheepvaart.

2 Berekeningswijze van de emissies

De olie-emissies in het geloosde bilgewater worden berekend door de vervoersprestatie van binnenschepen in Antwerpen te vermenigvuldigen met de EF, het gemiddeld aantal kg minerale olie per ladingtonkilometer voor Vlaanderen

$$E_s = EVV \times EF \quad (1)$$

Waarbij:

E_s	=	Emissie van stof s (PAK) uit bilgewater (kg stof s/jaar)
EVV	=	Vervoersprestatie in het Antwerpse havengebied (miljoen ladingtonkm/jaar)
EF	=	Emissiefactor minerale olie (kg/miljoen ladingtonkm)

De PAK-emissie wordt vervolgens berekend uit de emissie van de minerale olie door een PAK-gehalte aan te nemen voor deze olie:

$$\text{Emissie PAK} = \text{Emissie minerale olie} \times \text{PAK-gehalte minerale olie} \quad (2)$$

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

De emissie van PAK wordt berekend uit het aantal gevaren ladingtonkilometers. De gegevens zijn afkomstig van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen [1]. De afgelegde afstand is berekend uit het meldpunt waar het schip de haven binnenvaart, het eerste dok waar lading wordt afgegeven/opgehaald en het meldpunt waar het schip de haven weer verlaat. Sommige binnenschepen kunnen meerdere locaties aandoen voor overslag (bv. containerschepen) of kunnen van/naar een tijdelijke ligplaats varen. Deze bewegingen worden echter niet geregistreerd in het huidige systeem zodat hier geen rekening mee kon worden gehouden met het bepalen van de afgelegde weg.

In tabel 1 staan de totale gevaren miljoen ladingtonkilometers van de binnenvaart in de haven van Antwerpen weergegeven.

Tabel 1: Miljoen ladingtonkm gevaren door de binnenvaart in GHA in 2010, 2015 en 2020.

Jaar	Vervoersprestatie in het Antwerps Havengebied (miljoen ladington km)
2010	937
<i>hoog scenario</i>	
2015	1321
2020	1503
<i>laag scenario</i>	
2015	1137
2020	1230

Prognose EVV

Voor de jaren 2015 en 2020 wordt de vervoersprestatie berekend aan de hand van prognoses die door GHA zijn aangeleverd [10]. In de prognoses wordt onderscheid gemaakt in twee verschillende scenario's; Scenario hoog en scenario laag. Bij het hoge scenario wordt voor de binnenvaart een groei van 41% verwacht in 2015 en 60% in 2020 (beide t.o.v. 2010). Het lage scenario geeft prognoses van 21% in 2015 en 31% in 2020 (beide t.o.v. 2010). De prognoses zijn verwerkt in tabel 1.

4 Emissiefactoren

Emissiefactoren minerale olie per ladingtonkilometer

Bilgewater wordt ingezameld in de havens, maar geproduceerd tijdens het varen. In plaats van een EF te berekenen op basis van het aantal gevaren ladingtonkilometers in Antwerpen, wordt een EF berekend op basis van het aantal gevaren ladingtonkilometers in geheel Vlaanderen. De EF bestaat uit het gemiddeld aantal kg minerale olie per ladingtonkilometer voor Vlaanderen. De EF wordt als volgt berekend:

$$EF = \frac{\text{(geproduceerd bilgewater - ingezameld bilgewater)} * \text{oliegehalte bilgewater}}{\text{lading tonkilometer}} \quad (3)$$

De geproduceerde hoeveelheid bilgewater (m³/jaar) wordt berekend uit het aantal gevaren ladingtonkilometers, waarbij wordt uitgegaan van een productie 2,148 m³ bilgewater per miljoen ladingtonkilometer [4] en de technologiefactor:

$$\text{Geproduceerd bilgewater} = \text{ladingtonkm} * \text{technologiefactor} * \text{productiefactor bilgewater} \quad (4)$$

De emissie van geloosd bilgewater wordt berekend uit het verschil van de bilgewaterproductie en de inzameling (zie tabel 2). Een rapport van IVW (Inspectie Verkeer en Waterstaat) [5] geeft een gemiddeld oliegehalte in bilgewater van 275 mg/l. Met dit gehalte is de omrekening gemaakt van de geloosde hoeveelheid bilgewater naar de hoeveelheid geloosde minerale olie, zoals in tabel 2 weergegeven.

Volgens de berekening (uitgaande van een EVV van 4420 miljoen tonkm [6] en ingezamelde hoeveelheden van 3745 m³ bilgewater (in de havens van Antwerpen [7] en Gent [8]) zou de emissiefactor in 2010 uitkomen op 0,06 kg/miljoen tonkm. Dit is ruim een factor 2 lager dan de emissiefactor die aan de hand van de Nederlandse gegevens werd berekend in 2010. De resultaten van de berekening is terug te vinden in tabel 2. Een verklaring voor de lage EF is het feit dat de Nationale en Internationale binnenvaart relatief veel bilgewater afgeeft in Vlaanderen, waar afgifte gratis is. De emissiefactor voor Vlaanderen lijkt hierdoor onderschat te worden. In plaats van een EF voor Vlaanderen wordt een EF voor Nederland en Vlaanderen samen berekend. De EF wordt dan berekend op basis van de gevaren tonkilometers en de hoeveelheid ingezameld bilgewater in zowel Nederland als Vlaanderen. In tabel 2 staat zowel de berekening voor Nederland (NL), Vlaanderen (VL) als Nederland en Vlaanderen (NL+VL). De EF van 0,136

kg olie per miljoen tonkilometer wordt aangehouden voor de berekening in het Antwerpse Havengebied.

Tabel 2: Berekening van de emissieverklarende variabele geloosd bilgewater (m^3) en de EF kg olie per miljoen tonkilometer in 2010.

land	jaar	vaarintensiteit (miljoen ladingtonkm)	factor relatieve technologie-ontwikkeling	geproduceerd bilgewater (m^3)	ingezameld bilgewater (m^3)	geloosd bilgewater (m^3)	geloosde minerale olie (kg)	EF (kg minerale olie/ miljoen ladingtonkm)
NL	2010	40286	0,5	43 275	22 205*	21 070	5 794	0,144
VL	2010	4420	0,5	4 748	3 745	1 003	276	0,062
NL+VL	2010	44706	0,5	48 023	25 950	22 073	6 070	0,136

* = Voor de Nederlandse factsheets wordt er geschat dat er 2300 m^3 in Vlaanderen wordt afgegeven en 6000 m^3 in Duitsland. Aangezien de ingezamelde hoeveelheden in Vlaanderen worden meegenomen in de berekening wordt alleen de geschatte ingezamelde hoeveelheid in Duitsland meegenomen.

Prognose EF

Technologie-ontwikkeling

Door technologieontwikkeling (bijvoorbeeld betere afdichtingen) en door schaalvergroting ontstaat een afname van de hoeveelheid geproduceerd bilgewater per tonkilometer. Voor schroefasvet is ingeschat dat hierdoor in de periode 1985 tot 2006 per tonkilometer 48% minder emissies zijn ontstaan (een afname van het verlies aan schroefasvet van 60 tot 35%) [3]. De maatregelen tegen emissie van schroefasvet zijn deels dezelfde als voor reductie van vorming van bilgewater. Dus bij gebrek aan betere informatie voor de inzameling van bilgewater in Vlaanderen wordt voor bilgewater eenzelfde effect verondersteld als in Nederland. Aangenomen wordt dat de reductie in vorming van bilgewater lineair geëxtrapoleerd kan worden tot 2020. De aldus berekende ontwikkeling van bilgewaterproductie staat vermeld in tabel 3.

Tabel 3: reductie van de productie van bilgewater in 2010, 2015 en 2020

	2010	2015	2020
reductiefactor als gevolg van technologische ontwikkeling (relatief t.o.v. 2010)	1,00	0,83	0,71
factor relatieve technologie-ontwikkeling (tov 1985) [3]	0,5	0,42	0,36

Met behulp van de geschatte technologische reductiefactoren en de aangenomen groei vermeld in paragraaf 3 kan de EF voor het aantal kg olie per tonkilometer in 2015 en 2020 berekend worden. Het geproduceerde bilgewater wordt berekend met behulp van formule 4, het ingezamelde bilgewater wordt berekend door de ingezamelde hoeveelheid in 2010 te vermenigvuldigen met de prognoses voor binnenvaart.

Voor de Vlaamse kentallen uit 2010, de vaarintensiteit en de ingezamelde hoeveelheid bilgewater zijn de prognoses aangehouden uit [10]. De tonkilometers voor 2010 van de Nederlandse binnenvaart zijn aangehouden voor het berekenen van een emissiefactor. Voor deze tonkilometers dient ook een prognose te worden ingeschat. De prognoses voor de Nederlandse binnenvaart zijn niet bekend. Aangezien maar een deel van de Nederlandse schepen naar Vlaanderen vaart, kan voor dat deel de Vlaamse prognose worden aangehouden. Voor het deel van de Nederlandse vaart dat niet naar Vlaanderen vaart is de prognose onbekend. Om die reden wordt de prognose gehalveerd. Hierdoor wordt niet een wellicht veel te hoge prognose voor de Nederlandse binnenvaart aangehouden, met als gevolg een veel te hoog berekende emissiefactor.

Met behulp van formule 3 wordt vervolgens de EF bepaald. De resultaten van deze berekening staan in tabel 4.

Tabel 4: prognoses berekening van de vaarintensiteit, het geloosde bilgewater (m³) en de EF kg olie per ladingtonkilometer in 2015 en 2020.

land	jaar-tal	vaarintensiteit (miljoen ladingtonkm)	relatieve technologie-ontwikkeling (tov 2010)	geproduceerd bilgewater (m ³)	ingezameld bilgewater (m ³)	geloosd bilgewater (m ³)	geloosde minerale olie (kg)	EF minerale olie (kg/miljoen ladingtonkm)
hoog scenario								
Nl+VI	2015	54 772	0,42	49 422	24 805	24 617	6 770	0,1236
Nl+VI	2020	59 551	0,36	46 058	27 110	18 948	5 211	0,0875
laag scenario								
Nl+VI	2015	49 950	0,42	45 071	22 479	22 592	6 213	0,1244
Nl+VI	2020	52 380	0,36	40 512	23 651	16 860	4 637	0,0885

Emissiefactor PAK per kg olie

De uiteindelijke emissiefactor is gebaseerd op de hoeveelheid PAK in bilgewater. Deze is voor alle jaren gelijk (zie tabel 5) en wordt gehanteerd in zowel de de Vlaamse Emissie Inventaris Water [2] als de Nederlandse EmissieRegistratie [3].

Tabel 5: Emissiefactoren voor bilgewater (g/kg geloosde minerale olie in bilgewater).

stof	olie in bilgewater (g/kg)
acenaftheen	1,00
acenaftyleen	1,07
antraceen	0,30
benzo[a]anthraceen	0,04
benzo[a]pyreen	0,02
benzo[b]fluorantheen	0,02
benzo[g,h,i]peryleen	0,0007
benzo[k]fluorantheen	0,20
chryseen	0,02
dibenzo[a,h]anthraceen	0,0037
fenanthreen	1,50
fluorantheen	0,02
fluoreen	0,90
indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,02
naftaleen	2,16
pyreen	0,16

5 Geografische locaties

Voor de berekening van de vervoersprestatie in de havens van Antwerpen vormt de databank met binnenvaartbewegingen aangeleverd door GHA [1] de basis van de berekeningen. Records per uniek schip worden vertaald naar totalen voor elke mogelijke reisroute in het studiegebied. Voor de reisroutes zijn de aanvoer, afvoer en transit data uit de database aangehouden.

Binnenschepen kunnen meerdere locaties aandoen, maar in het huidige systeem van het GHA (dd 2011) wordt enkel de eerste bestemming van het binnenschip in het havengebied geregistreerd. Doordat sommige schepen meerdere locaties aandoen wordt een klein deel van de emissies dus niet in rekening gebracht en ook niet geografisch gelocaliseerd.

Het studiegebied wordt gedefinieerd door de grens uit het voorontwerp gRUP Zeehaven, versie april 2011. Voor schepen met een bestemming of gedeeltelijke vaarroute buiten het gRup-gebied wordt enkel de afstand of tijd binnen het gRup-gebied in rekening gebracht. Het gaat dus enkel om afgelegde afstanden of verblijftijden in de blauw aangeduide watervakken in figuur 1.

Er worden in het studiegebied 45 locaties gedefinieerd die als aankomst- of vertrekplaats kunnen fungeren. Ze worden in figuur 1 gesitueerd met de INFRCODE van de doknaam.

In totaal zijn er 282 relevante reisroutes voor de binnenvaart gedetecteerd in de databank. De lengte van de reisroute wordt niet in vogelvluchtafstand uitgedrukt, maar gemeten langs de lijn die de middelpunten van de vaarvakken tussen begin- en eindpunt met elkaar verbindt.

Voor de spreiding over de wateroppervlakken zal dezelfde route gebruikt worden als deze van de afstandsberekening. De totalen die aan elke reisroute hangen, worden volgens de oppervlakteverhouding van de verschillende vaarvakken gespreid.

De vervoerprestatie (ladingtonkm) van binnenvaartschepen in het havengebied is berekend op basis van de geregistreerde in/uit meldingen in de databank en de berekende lengte van de overeenkomstige routes (zoals beschreven in bovenstaande paragraaf). In de berekening zijn vervoerprestaties beschouwd voor volgende vaarbewegingen en bijhorende routes:

- varen vanaf het meldpunt “in” tot aan het eerste dok van bestemming (in-dok traject);
- wegvaren vanaf het laatste dok van herkomst tot aan het meldpunt “uit” (dok-uit traject);
- en varen door het havengebied (transit) binnen de grensen van het studiegebied (in-uit traject).

Het varen tussen ligplaatsen/dokken zonder passage over een in/uit meldpunt (intern vervoer op LO of RO) is niet in rekening gebracht omdat de beschikbare databank onvoldoende informatie bevat om deze trajecten af te bakenen en te kwantificeren.

De dokken ten zuiden van de as Royersluis-Albertkanaal vallen buiten het studiegebied. Voor schepen die naar deze dokken varen is enkel het vaartraject tot aan de gebiedsgrens in rekening gebracht.

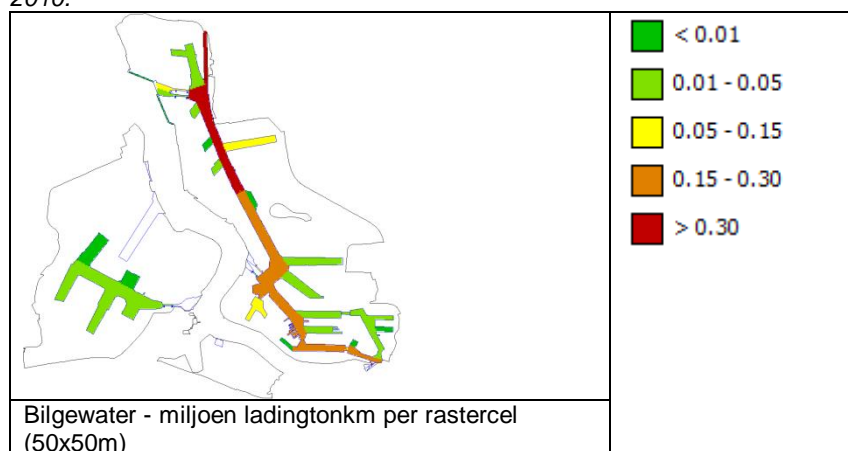
De Schelde valt eveneens buiten de contouren van het studiegebied. Varen op de Schelde is daarom niet in rekening gebracht. Voor alle bestemmingen behalve Deurganckdok is er een meldpunt bij het binnenvaren van het havengebied (studiegebied). Vervoerprestaties van schepen met bestemming Deurganckdok is niet in rekening gebracht omdat de beschikbare databank onvoldoende informatie bevat om deze trajecten af te bakenen en te kwantificeren. Het betreft een beperkt aantal records in de databank omdat binnenvaartschepen zelden Deurganckdok als bestemming hebben.

Figuur 1: Locaties die dienen als aankomst-vertrekplaats in havens van Antwerpen.



De geregionaliseerde EVV, het aantal miljoen ladingtonkilometer gevaren door de binnenvaart in het Antwerpse Havengebied in 2010, is uitgewerkt in figuur 2.

Figuur 2: Het aantal miljoen ladingtonkm gevaren door binnenvaartschepen in het Antwerps Havengebied in 2010.



6 Emissieroutes en bruto-netto-emissies

Emissieroutes

De route voor het door binnenvaartschepen geloosde bilgewater gaat voor 100% naar het oppervlaktewater waarin het schip zich bevindt (geografische locatie).

Polluentvorm

De emissies van de geëmitteerde stoffen zullen via het bilgewater deels in opgeloste vorm rechtstreeks in het oppervlaktewater terechtkomen en deels het oppervlaktewater bereiken in de vloeibare (olie) fase. Omdat olie lichter is dan water blijft olie op het water drijven. Olie op water veroorzaakt een veelkleurige (dun laagje olie, kleine hoeveelheid) of zwarte vlek (dikkere laag olie, grote hoeveelheid). Na verloop van tijd raakt de oliefase verdeeld in de waterfase (emulsie). Olie en de daarin voorkomende PAK zijn stoffen die zich in het watermilieu bij voorkeur hechten aan de beschikbare vaste fase (sediment).

Bruto emissie

Tabel 6 geeft de bruto emissies weer, uitgedrukt in kg/jaar. De emissies zijn berekend door vermenigvuldiging van de emissiefactoren met de emissieverklarende variabele (de hoeveelheid olie in geloosd bilgewater). Voor de prognoses is rekening gehouden met het groter worden van de schepen en met verbeterde technologie, zie paragraaf 4.

Tabel 6: Bruto emissie bilgewater (kg/jaar) voor 2010, 2015 en 2020.

	2010	hoog scenario		laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
minerale olie	127	116	82	117	83
acenaftheen	0,13	0,14	0,11	0,15	0,11
acenaftyleen	0,14	0,15	0,12	0,16	0,12
antraceen	0,04	0,04	0,03	0,05	0,03
benzo[a]anthraceen	0,005	0,006	0,004	0,006	0,004
benzo[a]pyreen	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002
benzo[b]fluorantheen	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002
benzo[g,h,i]peryleen	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00008
benzo[k]fluorantheen	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002
chryseen	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002
dibenzo[a,h]anthraceen	0,0005	0,0005	0,0004	0,0006	0,0004
fenanthreen	0,19	0,21	0,16	0,23	0,16

	2010	hoog scenario		laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
fluorantheen	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02
fluoreen	0,11	0,13	0,10	0,14	0,10
indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002
naftaleen	0,27	0,30	0,23	0,33	0,24
pyreen	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
PAK16	0,95	1,04	0,80	1,14	0,81

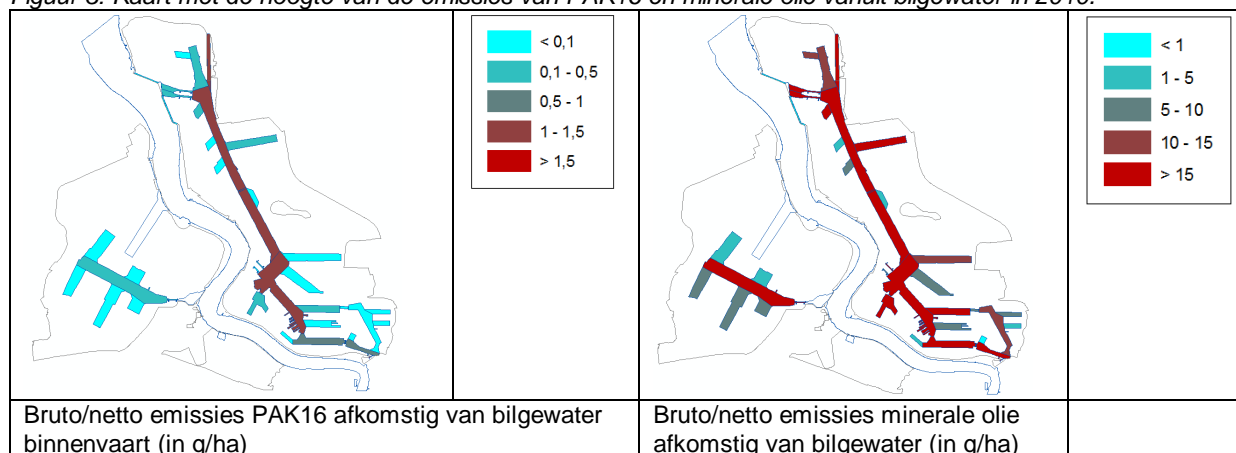
Netto emissie

De emissies vinden in zijn geheel plaats naar oppervlaktewater. De bruto emissie is dus gelijk aan de netto emissie.

7 Koppeling aan GIS-data en kwantificering

In figuur 3 zijn de emissies voor een aantal stoffen, PAK16 en minerale olie weergegeven in het Antwerpse Havengebied. De bruto emissies zijn gelijk aan de netto emissies.

Figuur 3: Kaart met de hoogte van de emissies van PAK16 en minerale olie vanuit bilgewater in 2010.



De spreiding van de emissiebron over de linker- en rechteroever en het relatief belang van de verschillende dokzones worden weergegeven in tabel 7 en 8. De emissies van de verschillende stoffen verhouden zich over de dokzones op dezelfde manier als de EVV, de ladingtonkilometers in tonkm. Alleen minerale olie en PAK16 is weergegeven in tabel 8.

Tabel 7: Verdeling van de EVV over de linker- en rechteroever in 2010.

EVV	LO	RO	Totaal (miljoen ladingtonkm)
EVV	4%	96%	937

Tabel 8: De hoogte van de EVV, bruto/netto emissies van PAK16 en minerale olie in de verschillende dokken en aandeel per dok van de totale emissie in 2010.

naam	EVV (miljoen tonkm)	Minerale olie (kg)	PAK16 (kg)	aandeel
Kanaaldok B2	298,38	40,51	0,30	32%
Hansadok	245,02	33,27	0,25	26%
Kanaaldok B1	147,13	19,98	0,15	16%
Schelde - Rijnkanaal	48,23	6,55	0,05	5%
5e Havendok	48,09	6,53	0,05	5%
Delwaidedok	25,77	3,50	0,03	3%
Waaslandkanaal	25,55	3,47	0,03	3%
Amerikadok	22,77	3,09	0,02	2%
Marshalldok	13,73	1,86	0,01	1%

naam	EVV (miljoen tonkm)	Minerale olie (kg)	PAK16 (kg)	aandeel
Kanaaldok B3	7,68	1,04	0,01	1%
Churchilldok	7,13	0,97	0,01	1%
Albertdok	7,01	0,95	0,01	1%
Leopolddok	6,32	0,86	0,01	1%
Zandvlietsluis	5,33	0,72	0,01	1%
Vrasenedok	4,16	0,56	0,00	0%
6e Havendok	3,61	0,49	0,00	0%
Berendrechtssluis	3,06	0,42	0,00	0%
Verrebroekdok	2,72	0,37	0,00	0%
Insteekdok 3	2,22	0,30	0,00	0%
Zuidelijk insteekdok	1,84	0,25	0,00	0%
4e Havendok	1,76	0,24	0,00	0%
Insteekdok 4	1,63	0,22	0,00	0%
Royerssluis	1,52	0,21	0,00	0%
Insteekdok 1	0,73	0,10	0,00	0%
3e Havendok	0,72	0,10	0,00	0%
Doeldok	0,71	0,10	0,00	0%
Noordelijk insteekdok	0,63	0,09	0,00	0%
Kallosluis	0,58	0,08	0,00	0%
Duwvaart Schuildok	0,54	0,07	0,00	0%
Insteekdok 2	0,52	0,07	0,00	0%
Boudewijnsluis	0,51	0,07	0,00	0%
Noordkasteelbrug	0,28	0,04	0,00	0%
Lillobrug	0,25	0,03	0,00	0%
Verbindingsgeul LED-ALD	0,22	0,03	0,00	0%
2e Havendok	0,20	0,03	0,00	0%
Albertkanaal	0,15	0,02	0,00	0%
Industriedok	0,13	0,02	0,00	0%
Van Cauwelaertsluis	0,08	0,01	0,00	0%
Noordzeeterminal	0,01	0,00	0,00	0%
Noordkasteeldok	0,00	0,00	0,00	0%
Europaterminal	0,00	0,00	0,00	0%
Wilmarsdonkbrug	0,00	0,00	0,00	0%
Totaal	937	127	0,95	

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de werkwijze die in de publicatiereeks Emissieregistratie wordt aangehouden [9]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (CORE emission INventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

In tabel 9 is de betrouwbaarheid van de onderdelen opgenomen. De emissieverklarende variabele is geleverd door het GHA [1], waarin de binnenscheepvaart in de havens van Antwerpen nauwkeurig is vastgelegd. De gevaren kilometers zijn vervolgens geschat middels het bestemmingdok. De betrouwbaarheid krijgt een B.

De emissiefactoren zijn gebaseerd op een grootschalig onderzoek naar samenstelling van het bilgewater, maar deze studie is wel enigszins gedateerd. Daarom wordt de classificatie D aangehouden. De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten is duidelijk geheel naar oppervlaktewater, zodat hiervoor de categorie A wordt gehanteerd.

De regionalisatie van de emissies is gebaseerd op een GIS bestand van GHA. Weliswaar is de scheepvaartintensiteit (aantal schepen per waterloop) vrij goed bekend, maar dat zegt nog niet waar daadwerkelijk bilgewater in het oppervlaktewater terecht komt. Daarom wordt hieraan klasse D verbonden.

Tabel 9: Betrouwbaarheid onderdelen emissieberekening

onderdeel emissieberekening	betrouwbaarheidsclassificatie
Emissieverklarende variabele	B
Emissiefactoren	D
Verdeling compartimenten	A
Emissieroutes naar water	A
Regionalisatie	D

Verbeterpunten:

- Het beter monitoren van inname en lozingen zou in ieder geval een beter inzicht kunnen geven in de EVV.
- Betere onderbouwing van het effect van technologieverbetering en andere maatregelen op de hoeveelheid geproduceerd bilgewater en op de emissiefactoren. De laatste tijd verdwijnen er veel relatief oude schepen, dit is een factor die ook meegenomen zou moeten worden. Bovendien worden er meer initiatieven genomen m.b.t. “groene binnenvaart”, zowel op beleids- als technologisch vlak (betere technologie), als financiële stimuli door havens (o.m. via korting op havengeld) en overheid (technologiesteun voor “groene” investeringen).
- Verbetering of actualisering van de meetgegevens t.a.v. de gemiddelde concentratie olie in geproduceerd en ingezameld bilgewater en de gemiddelde hoeveelheid geproduceerd bilgewater per schip.
- De bewegingen van de binnenscheepvaart zullen in de toekomst beter worden gevolgd door het GHA zodat de EVV ook met meer accuraatheid bepaald zal kunnen worden.
- De prognoses voor bilgewater zijn, door toepassing van de Nederlandse tonkilometers in de berekening van de EF, mede afhankelijk van de groei van de Nederlandse binnenvaart. Doorvoeren van de prognose van de Nederlandse binnenvaart is een verbetering van de prognoses.

Gezien bilgewater, binnen de internationale context van het CDNI-verdrag, gratis kan afgegeven worden in de haven van Antwerpen is het mogelijk dat er in de haven veel minder geloosd wordt dan op de overige binnenwateren. Er is hier momenteel echter geen duidelijk zicht op, zodoende wordt er vanuit gegaan dat er in de haven per tonkilometer evenveel geloosd wordt als op de overige binnenwateren. De hier berekende emissies zijn zodoende mogelijk een overschatting van de reële emissies.

9 Referenties

- [1] Database “binnenvaart”, geleverd door GHA op 15 mei 2012. Binnenvaartschepen dienen te melden waar en wanneer ze gebruik maken van de haven (Scheldekaaien, dokken). Hierbij dienen ze volgende gegevens aan te leveren: FD-nummer, naam, tonnenmaat, herkomst, bestemming, lading: aard en hoeveelheid, doorvaart of verblijf in de haven. Deze gegevens worden verzameld door het Havenbedrijf om het verschuldigde binnenscheepvaartrecht te bepalen en worden nadien bijgehouden voor statistiek ea.
- [2] VMM, Emissie Inventaris Water, Bilgewater binnenscheepvaart, januari 2009.

- [3] Rijkswaterstaat Waterdienst, Deltares, TNO. Emissieschattingen Diffuse bronnen, Factsheet Bilgewater binnenscheepvaart, EmissieRegistratie juni 2010.
- [4] Waveren, R.H. en I. Zeegers, september 1997. Watersysteemverkenningen 1996. Doelgroepstudie en Beleidsanalyse Binnenvaart. RIZA rapport 97.063.
- [5] Jan Stap. Onderzoek en Communicatie in opdracht van Inspectie Verkeer en Waterstaat (IVW), Emissies van bilgewater en schroefasvet, 2005.
- [6] Studiedienst van de Vlaamse regering, Cijfers Vervoersprestatie – Goederenvervoer <http://www4.vlaanderen.be/sites/svr/cijfers/Exceltabellen/mobiliteit/vervoersprestaties/goederenvervoer/MOBIWATE004.xls>;
-
- [7] Bron: Johan van Cleemput, Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen, 15 december 2011.
- [8] Bron: Martine de Roy, Port of Ghent, e-mail 17 januari 2012.
- [9] Most, P.F.J. van der *et al.*, juli 1998. Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water. Publicatierreeks Emissieregistratie, nr. 44.
- [10] Database “prognoses”, geleverd door GHA op 29 mei 2012, op basis van: ECSA, Verbeke A., Haezendonck E., Dooms M. iov GHA, Actualisatie van de maritieme prognoses van de Economische Ontwikkelingsstudie (EOS), 2011.

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Huishoudelijk afvalwater scheepvaart

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

Huishoudelijk afvalwater scheepvaart

1 Korte omschrijving van de emissiebron

De emissies betreffen de lozingen van huishoudelijk afvalwater van de binnenvaart. De lozingen hebben vooral betrekking op toiletafvalwater, maar ook het afvalwater dat vrijkomt van andere huishoudelijke activiteiten die aan boord plaatsvinden.

De emissies ten gevolge van huishoudelijk afvalwater in de scheepvaart worden toegekend aan de activiteit binnenscheepvaart.

2 Berekeningswijze van de emissies

De emissies worden op eenvoudige wijze berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV), hier het aantal mensjaren dat per jaar en per boottype op het water wordt doorgebracht, met een emissiefactor (EF) per stof, uitgedrukt in emissie per eenheid van de EVV.

$$E_s = EVV \times EF \quad (1)$$

Waarbij:

E_s	=	Emissie van stof s (PAK of zware metalen) (kg stof s/jaar)
EVV	=	Aantal mensdagen in het Antwerpse havengebied (mensdagen/jaar/boottype) per jaar.
EF	=	Emissiefactor PAK of zware metalen (kg/mensdagen/jaar/)

Vervolgens wordt gecorrigeerd voor het opvangen van het huishoudelijk afvalwater aan boord en afgifte aan een walontvangststation gevolgd door lozing op de riolering.

Als basis is gebruikt gemaakt van de Nederlandse factsheet Huishoudelijk afvalwater scheepvaart [3] en Huishoudelijke lozingen [4].

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

Het aantal mensdagen per jaar dat op de boot wordt doorgebracht is het product van het aantal boten, het aantal personen op de boot en het aantal dagen per jaar dat op de boot wordt doorgebracht.

Aangenomen wordt dat de bemanning aan boord van de binnenvaart daadwerkelijk gebruik maakt van het toilet aan boord van het vaartuig. In werkelijkheid zal dit aantal minder zijn aangezien bij korte vaartochten het toiletbezoek vanwege allerlei redenen (toeristische route, te korte bezoektijd etc.) uitgesteld wordt tot na de vaartocht, maar over het toiletgebruik aan boord is geen informatie beschikbaar zoals bij een huishouden aan de vaste wal. De bemanning van de binnenvaart wordt voor de berekening uitgedrukt in het aantal mensjaren per jaar aan boord van de binnenvaartschepen.

De emissieverklarende variabele bestaat, voor het bepalen van emissies van huishoudelijk afvalwater, alleen uit het aantal schepen behorende tot de professionele binnenvaart. De recreatievaart, chartervaart en overige vormen van niet-beroepsbinnenvaart worden buiten beschouwing gelaten.

Beroepsbinnenvaart

Het aantal binnenvaartschepen in de havens van Antwerpen is afkomstig van GHA [1]. Per schip wordt in het aangeleverde bestand de verblijftijd uitgerekend. De gemiddelde bemensing per

binnenvaartschip is afgeleid uit [2]. In dit document wordt de minimum bemanning voor de binnenvaart in Vlaanderen beschreven per binnenvaartcategorie. Er is een gemiddelde berekend over de verschillende aangeduide categorieën. De gemiddelde bemanning komt uit op 3,7. Dit lijkt aan de hoge kant, maar gezien het feit dat vaak ook de partner van de schipper aan boord is wordt er wel verder gerekend met de gemiddelde bemanning.

Voor een eerste indruk wordt het aantal schepen in 2010, 2015 en 2020 getoond in tabel 1, de gemiddelde bemanning per binnenvaartschip en het aantal mensdagen per jaar.

Voor de jaren 2015 en 2020 wordt de vervoersprestatie berekend aan de hand van prognoses die door GHA zijn aangeleverd [7]. In de prognoses wordt onderscheid gemaakt in twee verschillende scenario's; Scenario hoog en scenario laag. Bij het hoge scenario wordt voor de binnenvaart een groei van 41% verwacht in 2015 en 60% in 2020 (beide t.o.v. 2010). Het lage scenario geeft prognoses van 21% in 2015 en 31% in 2020 (beide t.o.v. 2010). De prognoses zijn verwerkt in tabel 1.

Tabel 1: Aantal bezoekende schepen, doorgebrachte tijd en aantal mensdagen per jaar doorgebracht op het water in de beroepsbinnenvaart per scenario voor 2010, 2015 en 2020 in de havens van Antwerpen..

	2010	hoog scenario		laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
aantal bezoeken van schepen	92 759	130 770	148 818	112 562	121 739
doorgebrachte tijd binnenvaart (dagen)	126 623	178 511	203 148	153 655	166 183
aantal mensdagen	468 505	660 491	751 648	568 523	614 879

4 Emissiefactoren

De emissiefactoren voor de nutriënten, die als extra zijn toegevoegd in deze factsheet, zijn afkomstig uit de Nederlandse factsheet voor de lozingen van huishoudelijk afvalwater door de binnenvaart [3]. Voor de overige stoffen wordt uitgegaan van de gedachte dat een binnenvaartschip functioneert als een huishouden. De emissiefactoren uit de factsheet lozingen huishoudelijk afvalwater [4] zijn voor deze stoffen aangehouden. In tabel 2 staan de emissiefactoren vermeld.

Tabel 2: Emissiefactoren voor huishoudelijk afvalwater in de binnenvaart.

Nutriënten (g/persoon/dag)	
P-Totaal	2,2
N-Totaal	14,1
chemisch zuurstof verbruik	107,7
Zware metalen en PAK's (mg/persoon/dag)	
arseen	0,55
cadmium	0,14
chromium	0,55
koper	17,92
kwik	0,05
lood	2,16
nikkel	1,37
zink	24,64
acenaftheen	0,0202
acenaftyleen	0,0202
antraceen	0,0019
benzo[a]antraceen	0,0072
benzo[a]pyreen	0,0112
benzo[b]fluorantheen	0,0202

Zware metalen en PAK's (mg/persoon/dag)	
benzo[g,h,i]peryleen	0,0026
benzo[k]fluorantheen	0,0045
chryseen	0,0117
dibenzo[a,h]anthraceen	0,0202
fenanthreen	0,0400
fluorantheen	0,0685
fluoreen	0,0202
indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,0023
naftaleen	0,0466
pyreen	0,0259

Opvang van huishoudelijk afvalwater binnen de scheepvaart

In het afvalstoffenverdrag [5] wordt gemeld dat huishoudelijk afvalwater van schepen niet mag worden geloosd en dat het afvalwater bij daarvoor bestemde opvangpunten moet worden ingediend. In praktijk beschikken de meeste binnenschepen echter niet over de faciliteiten om huishoudelijk afvalwater op te vangen en/of te zuiveren (bovendien zijn de standaarden voor boordzuiveringsinstallaties nog in opmaak, waardoor momenteel weinig schepen dergelijke aanpassingen doen). Het is ook niet altijd mogelijk om de binnenschepen zo aan te passen dat ze het huishoudelijk afvalwater kunnen opvangen. Bij nieuwe binnenschepen zullen waarschijnlijk wel de nodige faciliteiten worden ingebouwd, maar de richtlijnen hiervoor zijn nog in ontwikkeling. Uit overleg met GHA [10] bleek dat het huishoudelijke afvalwater van de binnenvaart in de haven van Antwerpen niet wordt ingezameld. In deze factsheet wordt ervan uitgegaan dat er geen inzameling in 2010 plaatsvindt. Voor de prognosejaren 2015 en 2020 wordt een aanname gedaan.

Prognoses vernieuwing binnenvaart [8]

In de periode 2000-2005 is de Belgische binnenvaart met 7,5% nieuwe schepen toegenomen [8]. In de daarop volgende jaren is er, wellicht door de slechte economie, minder toename van nieuwe schepen geweest. In statistieken over het jaar 2010 blijkt dat er in 2010 slechts één nieuw schip aan de Vlaamse Vloot is toegevoegd [9]. De Nederlandse vloot moderniseert in een sneller tempo. Tussen 2000 en 2008 zijn er honderden schepen in de vaart gebracht [8], zo'n 5% en ook in Duitsland vindt, door een gunstige wetgeving, vernieuwing plaats. Aangezien er veel internationale binnenvaartschepen in de havens van Antwerpen aanmeren wordt er aangenomen dat er jaarlijks 1% nieuwe binnenvaartschepen bijkomen. Voor 2015 is dat een stijging met 5% en voor 2020 zal het aantal met 10% toenemen. Er wordt aangenomen dat er in de nieuwe schepen faciliteiten zijn ingebouwd om het huishoudelijk afvalwater op te vangen.

In tabel 3 worden de percentages van afgifte van huishoudelijk afvalwater getoond.

Tabel 3: Opvang van huishoudelijk afvalwater (in %) in 2010, 2015 en 2020.

Jaar	Opvang binnenvaart
2010	0
2015	5
2020	10

5 Geografische lokaties

Voor de berekening van het aantal schepen, het aantal mensdagen op de binnenvaartschepen en de vervoersprestatie in de havens van Antwerpen vormt de databank met binnenvaartbewegingen aangeleverd door GHA [1] de basis van de berekeningen. Records per uniek schip worden vertaald naar totalen voor elke mogelijke reisroute in het studiegebied. Voor de reisroutes zijn de aanvoer, afvoer en transit data uit de database aangehouden.

Het studiegebied wordt gedefinieerd door de grens uit het voorontwerp gRUP Zeehaven, versie april 2011. Voor schepen met een bestemming of gedeeltelijke vaarroute buiten het gRup-gebied wordt enkel de afstand of tijd binnen het gRup-gebied in rekening gebracht. Het gaat dus enkel om afgelegde afstanden of verblijftijden in de blauw aangeduide watervakken in figuur 1.

Er worden in het studiegebied 45 locaties gedefinieerd die als aankomst- of vertrekplaats kunnen fungeren. Ze worden in figuur 1 gesitueerd met de INFRCODE van de doknaam.

In totaal zijn er 282 relevante reisroutes voor de binnenvaart gedetecteerd in de databank. De lengte van de reisroute wordt niet in vogelvluchtafstand uitgedrukt, maar gemeten langs de lijn die de middelpunten van de vaarvakken tussen begin- en eindpunt met elkaar verbindt.

Voor de spreiding over de wateroppervlakken zal dezelfde route gebruikt worden als deze van de afstandsberekening. De totalen die aan elke reisroute hangen, worden volgens de oppervlakteverhouding van de verschillende vaarvakken gespreid.

De verblijftijd van binnenvaartschepen in het havengebied is berekend op basis van de geregistreerde in/uit meldingen in de databank en overeenkomstige meldtijdstippen. De verblijftijd is berekend als het tijdsverschil tussen de melding "in" en de melding "uit". Vervolgens is de verblijftijd vermenigvuldigd met het gemiddeld aantal bemaningleden om tot de EVV mensdagen te komen (zie punt 3). Bij de geografische spreiding is de EVV (mensdagen) gelijkmatig verdeeld over het overeenkomstige traject. De beschouwde trajecten zijn:

- varen vanaf het meldpunt "in" tot aan het eerste dok van bestemming (in-dok traject);
- wegvaren vanaf het laatste dok van herkomst tot aan het meldpunt "uit" (dok-uit traject);
- en varen door het havengebied (transit) binnen de grensen van het studiegebied (in-uit traject).

Voor transit verblijven wordt de EVV dus uitgepreid over het in-uit traject. Voor niet-transit verblijven (gekende kaai/dok bestemming) wordt de EVV verspreid over het in-dok traject en het dok-uit traject. Trajecten tussen ligplaatsen/dokken zonder passage over een in/uit meldpunt (intern vervoer op LO of RO) zijn niet in rekening gebracht bij de regionalisatie omdat de beschikbare databank onvoldoende informatie bevat om deze trajecten af te bakenen en te kwantificeren.

De dokken ten zuiden van de as Royersluis-Albertkanaal vallen buiten het studiegebied. Voor schepen die naar deze dokken varen is enkel het vaartraject tot aan de gebiedsgrens in rekening gebracht.

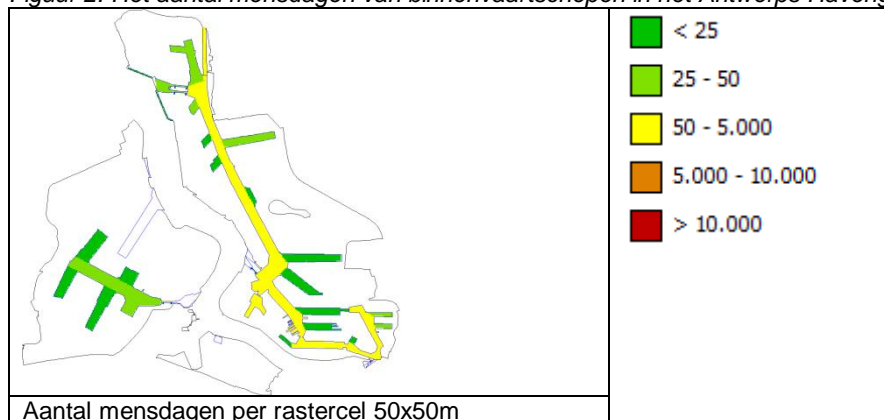
De Schelde valt eveneens buiten de contouren van het studiegebied. Varen op de Schelde is daarom niet in rekening gebracht. Voor alle bestemmingen behalve Deurganckdok is er een meldpunt bij het binnenvaren van het havengebied (studiegebied). Trajecten met bestemming Deurganckdok zijn niet in rekening gebracht omdat de beschikbare databank onvoldoende informatie bevat om deze trajecten af te bakenen en te kwantificeren. Het betreft een beperkt aantal records in de databank omdat binnenvaartschepen zelden Deurganckdok als bestemming hebben.

De geregionaliseerde EVV, het aantal mensdagen op de binnenvaartschepen in het Antwerpse Havengebied in 2010, is uitgewerkt in figuur 2.

Figuur 1: Locaties die dienen als aankomst-vertrekplaats in havens van Antwerpen.



Figuur 2: Het aantal mensdagen van binnenvaartschepen in het Antwerps Havengebied in 2010.



6 Emissieroutes en bruto-netto-emissies

Emissieroutes

De route voor het huishoudelijk afvalwater geloosd door binnenvaartschepen gaat voor 100% naar het oppervlaktewater waarin het schip zich bevindt (geografische locatie).

Polluentvorm

De emissies van de geëmitteerde stoffen komen via het huishoudelijke afvalwater in het oppervlaktewater terecht. De meeste stoffen zullen oplossen in het afvalwater, waardoor ze in opgeloste vorm in het oppervlaktewater terechtkomen. De zware metalen en nutriënten zijn redelijk oplosbaar maar zullen ook sorberen op sedimentpartikels. De PAK's zijn stoffen die zich in het watermilieu bij voorkeur hechten aan de beschikbare vaste fase (sediment).

Bruto emissies

Onderstaande tabel geeft de emissies voor de verschillende stoffen per jaar weer, uitgedrukt in kg/jaar. De emissies zijn berekend door vermenigvuldiging van de emissiefactoren met de emissieverklarende variabele. De effecten van de maatregelen, de opvang van huishoudelijk afvalwater, zijn reeds in de emissiefactoren verwerkt.

Tabel 4: Emissies uit lozingen van huishoudelijk afvalwater door de binnenvaart in kg/jaar.

Parameter	2010	hoog scenario		laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
<i>nutriënten</i>					
P-totaal	1 290	1 728	1 863	1 488	1 524
N-totaal	8 271	11 077	11 943	9 535	9 770
CZV	63 170	84 603	91 212	72 823	74 615
<i>zware metalen</i>					
arseen	0,32	0,43	0,46	0,37	0,38
cadmium	0,08	0,11	0,12	0,09	0,09
chromium	0,32	0,43	0,46	0,37	0,38
koper	11	14	15	12	12
kwik	0,029	0,039	0,042	0,033	0,034
lood	1,27	1,70	1,83	1,46	1,50
nikkel	0,80	1,08	1,16	0,93	0,95
zink	14,45	19,35	20,87	16,66	17,07
<i>PAK's</i>					
acenaftheen	0,009	0,013	0,014	0,011	0,011
acenaftyleen	0,009	0,013	0,014	0,011	0,011
antraceen	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
benzo[a]anthraceen	0,003	0,005	0,005	0,004	0,004
benzo[a]pyreen	0,005	0,007	0,008	0,006	0,006
benzo[b]fluorantheen	0,009	0,013	0,014	0,011	0,011
benzo[g,h,i]peryleen	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001
benzo[k]fluorantheen	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002
chryseen	0,005	0,007	0,008	0,006	0,006
dibenzo[a,h]anthraceen	0,009	0,013	0,014	0,011	0,011
fenanthreen	0,019	0,025	0,027	0,022	0,022
fluorantheen	0,032	0,043	0,046	0,037	0,038
fluoreen	0,009	0,013	0,014	0,011	0,011
indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
naftaleen	0,022	0,029	0,032	0,025	0,026
pyreen	0,012	0,016	0,018	0,014	0,014
PAK16	0,152	0,203	0,219	0,175	0,179

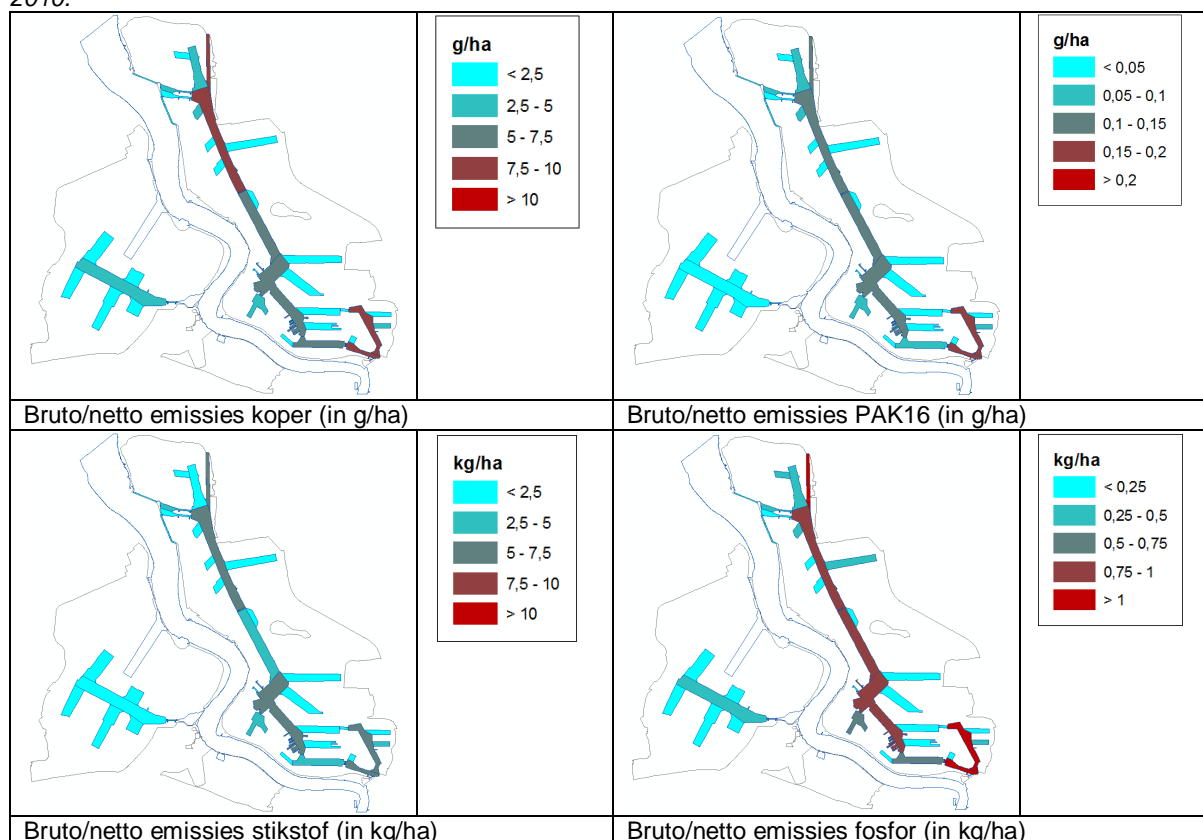
Netto emissies

De netto emissies zijn gelijk aan de bruto emissies, aangezien alle stoffen rechtstreeks naar het oppervlaktewater worden geëmitteerd

7 Koppeling aan GIS-data en kwantificering

In figuur 3 zijn de emissies voor huishoudelijk afvalwater vanuit de binnenvaart weergegeven voor een aantal stoffen in het Antwerpse Havengebied. De bruto emissies zijn gelijk aan de netto emissies.

Figuur 3: Bruto/netto emissies voor koper, PAK16, stikstof en fosfor vanuit huishoudelijk afvalwater binnenvaart 2010.



De spreiding van de EVV en de emissies van de verschillende stoffen van het huishoudelijk afvalwater over de linker- en rechteroever in 2010 worden weergegeven in tabel 5 en 6.

Tabel 5: Verdeling van de EVV over de linker- en rechteroever in 2010.

EVV	LO	RO	Aantal mensdagen
Huishoudelijk afvalwater	9%	91%	468 505

Tabel 6: Spreiding van de emissiebron en de verschillende stoffen over linker- en rechteroever in 2010.

Hoeveelheid (kg)	LO	RO	Totaal
<i>nutriënten</i>			
P-totaal	94	937	1 031
N-totaal	601	6 001	6 606
CZV	4 589	45 869	50 458
<i>zware metalen</i>			
arsen	0,02	0,23	0,26
cadmium	0,01	0,06	0,06
chrom	0,02	0,23	0,26
koper	0,76	7,63	8,39
kwik	0,002	0,021	0,023
lood	0,09	0,92	1,01
nikkel	0,06	0,58	0,64
zink	1,05	10,48	11,53
<i>PAK's</i>			
acenaftheen	0,001	0,009	0,009
acenaftyleen	0,001	0,009	0,009
antraceen	0,0001	0,0008	0,0009
benzo[a]anthraceen	0,0003	0,0031	0,0034
benzo[a]pyreen	0,0005	0,0048	0,0052
benzo[b]fluorantheen	0,001	0,009	0,009

Hoeveelheid (kg)	LO	RO	Totaal
benzo[g,h,i]peryleen	0,0001	0,0011	0,0012
benzo[k]fluorantheen	0,0002	0,0019	0,0021
chryseen	0,0005	0,0050	0,0055
dibenzo[a,h]anthraceen	0,001	0,009	0,009
fenanthreen	0,002	0,017	0,019
fluorantheen	0,003	0,029	0,032
fluoreen	0,001	0,009	0,009
indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,0001	0,0010	0,0011
naftaleen	0,002	0,020	0,022
pyreen	0,001	0,011	0,012
PAK16	0,01	0,14	0,15

Het relatief belang van de verschillende dokzones in 2010 wordt weergegeven in tabel 7. De spreiding is van toepassing op de emissiebron en alle corresponderende bruto- en netto emissies.

Tabel 7: Het relatieve aandeel van de emissie per dok in 2010.

zone	aandeel
Kanaaldok B2	20%
Hansadok	20%
Kanaaldok B1	10%
Albertdok	7%
Waaslandkanaal	7%
Royerssluis	6%
5e Havendok	4%
Amerikadok	4%
Schelde - Rijnkanaal	3%
Kanaaldok B3	3%
Marshalldok	2%
Delwaidedok	2%
Churchilldok	1%
6e Havendok	1%
Leopolddok	1%
Vrasenedok	1%
Zandvlietsluis	1%
Zuidelijk insteeddok	1%
2e Havendok	1%
Insteekdok 3	1%
4e Havendok	1%
Albertkanaal	1%
Insteekdok 4	0%
Berendrechtssluis	0%
3e Havendok	0%
Verrebroekdok	0%
Boudewijnssluis	0%
Kaliosluis	0%
Noordelijk insteeddok	0%
Duwvaart Schuildok	0%
Doeldok	0%
Insteekdok 1	0%
Insteekdok 2	0%
Verbindingsgeul LED-ALD	0%
Industriedok	0%
Van Cauwelaertssluis	0%
Noordkasteelbrug	0%
Noordkasteeldok	0%
Lillobrug	0%
Europaterminal	0%

zone	aandeel
Noordzeeterminal	0%

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de werkwijze die in de publicatiereeks Emissieregistratie wordt aangehouden [6]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (CORE emission INventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

De emissieverklarende variabele, het aantal mensdagen in de havens van Antwerpen, is een resultaat van het aantal passagiers per boot, het aantal boten in en de tijd die het binnenvaartschip in GHA doorbrengt.

De schatting van de laatste twee is berekend mbv de GHA database [1]. De minimum aanwezige bemanning op een binnenvaartschip is vastgelegd in het Koninklijk besluit houdende de bemanningsvoorschriften op de scheepvaartwegen [2]. De EVV krijgt daarom een A.

De emissiefactoren voor de binnenvaart zijn gelijk aan de emissiefactoren voor een huishouden. De betrouwbaarheidsclassificatie van die emissiefactoren wordt overgenomen.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten en de emissieroutes naar water zijn duidelijk geheel naar oppervlaktewater, zodat hiervoor de categorie A wordt gehanteerd. De regionalisatie van de emissies kan redelijk in kaart worden gebracht van de plek waar het schip de haven binnenvaart, waar deze aanmeert en waar het schip de havens weer verlaat. Meerdere losplaatsen zijn in deze factsheet niet opgenomen. De regionalisatie krijgt daarom een B.

Tabel 5: Betrouwbaarheid onderdelen emissieberekening.

onderdeel emissieberekening	betrouwbaarheidsclassificatie
Emissieverklarende variabele	A
Emissiefactoren:	
nutrienten	B
zware metalen	C
PAK's	E
Verdeling compartimenten	A
Emissieroutes naar water	A
Regionalisatie	B

Verbeterpunten:

- Er is nog geen informatie beschikbaar over het deel van de huishoudelijke lozingen dat mogelijk wordt ingezameld.
- Verbetering van de emissiefactoren voor de zware metalen en PAK's
- De ontwikkeling van de binnenvaart met nieuwbouwschepen heeft een gunstige ontwikkeling op de opvang van huishoudelijk afvalwater. Data wat betreft aantallen nieuwbouwschepen kunnen daarbij helpen. In het nieuwe APICS systeem van GHA kan het bouwjaar van het schip worden opgenomen.
- De bewegingen van de binnenscheepvaart zullen in de toekomst beter worden gevolgd door het GHA zodat de EVV ook met meer accuraatheid bepaald zal kunnen worden.

9 Referenties

- [1] Database “binnenvaart”, geleverd door GHA op 15 mei 2012. Binnenvaartschepen dienen te melden waar en wanneer ze gebruik maken van de haven (Scheldekaaien, dokken). Hierbij dienen ze volgende gegevens aan te leveren: FD-nummer, naam, tonnenmaat, herkomst, bestemming, lading: aard en hoeveelheid, doorvaart of verblijf in de haven. Deze gegevens worden verzameld door het Havenbedrijf om het verschuldigde binnenscheepvaartrecht te bepalen en worden nadien bijgehouden voor statistiek ea..
- [2] Koninklijk besluit houdende de bemanningsvoorschriften op de scheepvaartwegen van het Koninkrijk, 9 MAART 2007.
- [3] Rijkswaterstaat Waterdienst, Deltares, TNO. Emissieschattingen Diffuse bronnen, Factsheet Huishoudelijke lozingen binnenscheepvaart, Emissieregistratie 2011.
- [4] Rijkswaterstaat Waterdienst, Deltares, TNO. Emissieschattingen Diffuse bronnen, Factsheet Huishoudelijke lozingen, Emissieregistratie 2011.
- [5] Vlaams afvalbeheersplan voor de binnenvaart 2011 – 2015; <http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/offonce/pid/176?actionReq=actionPubDetail&fileitem=2570> (gedownload op 18-11-2011).
- [6] Most, P.F.J. van der *et al.*, juli 1998. *Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water*. Publicatiereeks Emissieregistratie, nr. 44.
- [7] Database “prognoses”, geleverd door GHA op 29 mei 2012, op basis van: ECSA, Verbeke A., Haezendonck E., Dooms M. iov GHA, Actualisatie van de maritieme prognoses van de Economische Ontwikkelingsstudie (EOS), 2011.rognoses (EOS11).xls, geleverd GHA op 29 mei 2012.
- [8] <http://www.informatie.binnenvaart.nl/schepen/binnenvaartvloot.html>
- [9] Instituut voor het transport langs de binnenwateren, marktobservatie, 2010 (<http://www.binnenvaart.be/nl/downloads/documents/samenstellingbinnenvaartvlootdecember2010.pdf>).
- [10] Tussentijds overleg met GHA, Deltares en VITO, 7 december 2011

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Onderhoud waterbouw

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

Onderhoud waterbouw

1 Korte omschrijving van de emissiebron

Deze factsheet bevat een rekenmethode voor de emissies ten gevolge van onderhoud van waterbouwkundige constructies (bruggen, sluisen, damwanden, kaaimuren, steigers en meerpalen). De aard van de emissies is afhankelijk van het materiaal waaruit de constructie opgetrokken is en de eventuele beschermende lagen (coatings) en/of smeermiddelen die erop aangebracht zijn. In het Antwerps havengebied blijkt enkel smeerolie verlies van sluisen en bruggen relevant. Het Havenbedrijf gebruikt al verschillende jaren geen teerhoudende verven meer. Bij onderhoud wordt er ook voor gezorgd dat oude verflagen niet in het oppervlaktewater terechtkomen.

In deze factsheet wordt ingegaan op de PAK-emissie door smeerolie aangebracht op sluisdeuren en scharnieren van beweegbare bruggen.

Onderhoud van waterbouwkundige constructies is in hoofdzaak een directe emissiebron waarbij de emissies rechtstreeks in het oppervlaktewater terechtkomen daar de meeste constructies zich in, boven of aan de rand van het water bevinden. In beperkte mate zijn er ook indirecte emissies via afspoeling naar de regenwaterriolering in geval de constructie zich (geheel of gedeeltelijk) op verhard oppervlak zou bevinden. Voor sluisen en bruggen gaat het enkel om emissies rechtstreeks in water en zijn bruto en netto emissies aan elkaar gelijk.

Onderhoud van waterbouwkundige constructies wordt ingedeeld bij de activiteit waterbouw en valt uiteen in twee bronnen: onderhoud bruggen en onderhoud sluisen.

2 Berekeningswijze van de emissies

De emissies worden gescheiden berekend voor de verschillende constructies (opgesomd in paragraaf 1). Emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV) – aantal scharnierpunten aan beweegbare bruggen of lengte sluisdeuren – met een emissiefactor (EF), uitgedrukt in emissie per eenheid van de EVV. Deze berekeningswijze is uitgebreid toegelicht in de Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen [1].

$$E_s = EVV \times EF \quad (1)$$

Voor de beweegbare bruggen is de emissieverklarende variabele het aantal scharnierpunten, waarbij:

E_s	=	Emissie van stof s (smeerolie) door olieoverlies van bewegende bruggen (kg stof s/jaar),
EVV	=	Aantal scharnierpunten aan beweegbare bruggen en
EF	=	Emissiefactor, smeerolieoverlies per scharnierpunt (kg stof s/scharnier).

Voor de sluisdeuren is de emissieverklarende variabele de lengte van de sluisdeuren, waarbij:

E_s	=	Emissie van stof s (smeerolie) door olieoverlies van bewegende sluisdeuren (kg stof s/jaar),
EVV	=	Lengte sluisdeuren (m) en
EF	=	Emissiefactor, smeerolieoverlies per lengtemeter sluisdeur (kg stof s/m).

De emissies van PAK en minerale olie worden berekend als een fractie van het smeerolieverlies:

$$E_x = E_s \times X \quad (2)$$

Waarbij:

E_x	=	Emissie van component X (kg X/jaar),
X	=	Gehalte aan component X in de smeerolie (kg X/kg olie) en
E_s	=	Hoeveelheid smeerolieverlies (kg olie/jaar).

De op deze wijze berekende emissie is de totale emissie naar water door deze bron en wordt bruto emissie genoemd.

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

De emissieverklarende variabele is het aantal scharnierpunten of de lengte van de waterbouwkundige constructies in het Antwerpse havengebied waarop smeermiddelen zijn aangebracht. De beschouwde constructies zijn bruggen en sluisdeuren.

Voor smeermiddelen op sluizen en beweegbare bruggen is de EVV respectievelijk de lengte van de sluisdeur en het aantal scharnierpunten. Daar de sluisdeuren bewegen over horizontale rails kan de lengte van de deur gehanteerd worden als maat voor de smeerolie emissies afkomstig van de rails. Figuur 1 toont de spreiding van de EVV over het studiegebied (zie geografische locaties).

4 Emissiefactoren

De emissiefactor is de hoeveelheid smeerolie die vrijgesteld wordt per EVV eenheid. De emissie van de verschillende componenten (PAK en minerale olie) wordt bepaald op basis van de aard en samenstelling van het smeermiddel. Informatie daarover is aangeleverd door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.

Het jaarlijks smeermiddelverbruik is herrekend naar smeerolieverlies op basis van een verondersteld verliespercentage van 20%. Het smeermiddel verlies is proportioneel per lengtemeter sluisdeur en per scharnierpunt verdeeld over het studiegebied. Het gaat om circa 0,025 kg smeerolieverlies per meter sluisdeur en ongeveer 2 kg smeerolieverlies per brugscharnier.

De aangeleverde technische fiches vermelden dat de gehanteerde smeerproducten als hoofdcomponent sterk geraffineerde minerale olie bevatten. Bij gebrek aan gedetailleerde informatie over de aard of samenstelling van de olie is een gemiddeld PAK-profiel van geraffineerde minerale olie aangehouden. Onderstaande gemiddelde PAK concentraties (g/kg olie) zijn toegepast. De emissie van een component X is het gehalte van component X in minerale olie vermenigvuldigd met de fractie minerale olie in het smeermiddel en vermenigvuldigd met het smeerolieverlies per EVV. Smeerolie bestaat typisch uit ongeveer 95% minerale olie en 5% verdikkingsmiddel [2]. Voor olieeverlies van beweegbare bruggen is de EF uitgedrukt per scharnierpunt. Voor olieeverlies van sluisdeuren is de EF uitgedrukt per lopende meter sluisdeur.

Tabel 1: Gemiddeld PAK-profiel voor minerale olie (g/kg olie).

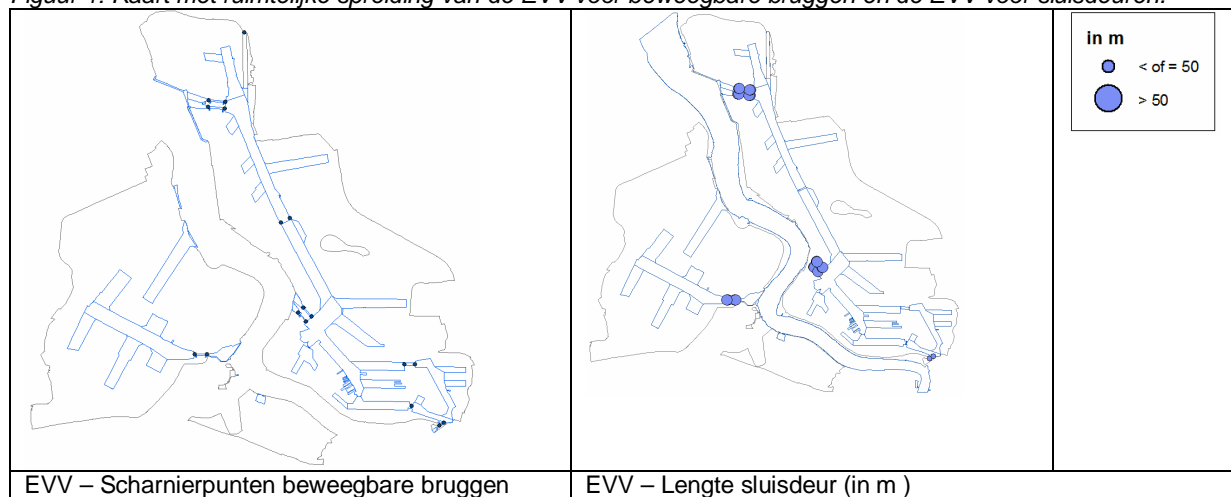
Stof	g/kg olie
acenaftheen	1,0
acenaftyleen	1,07
anthraceen	0,3
benzo[a]anthraceen	0,04
benzo[a]pyreen	0,02
benzo[b]fluorantheen	0,02
benzo[g,h,i]peryleen	0,0007
benzo[k]fluorantheen	0,02
chryseen	0,02
dibenzo[a,h]antraceen	0,004
fenanthreen	1,5
fluorantheen	0,2
fluoreen	0,9
indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,02
naftaleen	2,16
pyreen	0,16
PAK16	7,43

5 Geografische locaties

Het studiegebied omvat het zeehavengebied van Antwerpen zoals afgebakend in “het gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan Afbakening zeehavengebied Antwerpen” zoals voorlopig vastgesteld door de Vlaamse Regering op 27 april 2012.

De verdeling van emissies over het studiegebied gebeurt op basis van de geografische ligging van de verschillende waterbouwkundige constructies op het terrein van de Antwerpse haven, met name de beweegbare bruggen en de sluisdeuren. De locatie van de constructies is bepaald op basis van GIS kaarten die aangeleverd zijn door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen (GHA).

Figuur 1: Kaart met ruimtelijke spreiding van de EVV voor beweegbare bruggen en de EVV voor sluisdeuren.



Voor de ligging van de sluisdeuren is gebruik gemaakt van het GIS-bestand “wateroppervlak.shp”. Hierin is elk sluiscomplex met een polygoon weergegeven. Aangezien de emissies niet gerelateerd zijn aan de oppervlakte van deze polygoon, werden de sluisdeuren manueel gedigitaliseerd en werd de dwarslengte van elke sluisdeur gemeten en toegekend aan het middelpunt van de sluisdeur. Hierdoor wordt elke sluis met vier punten voorgesteld. Dit geldt zo voor vijf van de zes sluizen in het studiegebied. Voor de Royerssluis zijn er maar twee sluisdeuren aanwezig. In totaal gaat het om 1 397m sluisdeuren in het studiegebied.

De ligging van de bruggen is met een polygoon beschreven in het GIS-bestand “bruggen.shp”. Er bevinden zich 67 unieke gebieden van het type “brug” in het studiegebied.

Vervolgens worden de bruggen weerhouden die zich over water bevinden en bijgevolg beweegbare onderdelen bevatten. Er worden 44 bruggen gevonden die raken aan water en 50 die op maximum 25 meter van water gelegen zijn. Deze zes bruggen worden manueel nagekeken en 1 brug wordt nog weerhouden als beweegbaar. Aangezien het aantal beweegbare delen niet gelinkt is met de oppervlakte, wordt de brug voorgesteld op basis van zijn middelpunt.

Echter, sommige bruggen in de omgeving van sluizen worden weergegeven met tot 5 verschillende polygoonen. Deze worden dan geaggregeerd en voorgesteld met 1 punt. De beweegbare bruggen in het studiegebied die zich niet aan een sluis bevinden zijn: Noordlandbrug, Lillobrug, Wilmarsdonkbrug, Oosterweelbrug en Noordkasteelbruggen. Totaal met de bruggen die aanwezig zijn bij een sluis, zijn er in totaal 17 beweegbare bruggen in het studiegebied. Bij Lillobrug zijn twee scharnierpunten, in totaal zijn er bijgevolg 18 scharnierpunten. Deze worden in het GHA-rooster van 50x50m gelocaliseerd en vervolgens worden ze met de EF gecombineerd ter berekening van de bruto emissies.

6 Emissieroutes en bruto-netto-emissies

Emissieroutes

De route voor de emissies van smeeroilieverlies aan scharnieren van bruggen gaat voor 50% naar het oppervlaktewater omdat het beweegbare gedeelte van de brug zich ter hoogte van de kaderand bevindt. Daar olieën en vetten slecht oplosbaar zijn en gemakkelijk sorberen op de vaste materialen zoals bodem en beton, kan men aannemen dat niet alle smeeroilverlies in het water terecht komt.

De route voor de emissies van smeeroilverlies aan sluisdeuren is wel 100% naar het oppervlaktewater omdat de rails waarover de sluisdeuren rollen/schuiven zich uitsluitend boven het wateroppervlak bevinden.

Polluëntvorm

De emissies naar oppervlaktewater van de geëmitteerde stoffen zullen het oppervlaktewater bereiken in de vloeibare fase (olie). Indien het smeeroilverlies zich op de kade voordoet zal tijdens oppervlakkige afstroming een deel van de emissies weerhouden worden omdat olie en PAK gemakkelijk sorberen. Daar olie lichter is dan water blijft olie op het water drijven. Olie op water veroorzaakt een veelkleurige (dun laagje olie, kleine hoeveelheid) of zwarte vlek (dikkere laag olie, grote hoeveelheid). Na verloop van tijd raakt de oliefase verdeeld in de waterfase (emulsie). Olie en de daarin voorkomende PAK zijn stoffen die zich in het watermilieu bij voorkeur hechten aan de beschikbare vaste fase (sediment).

Bruto emissie

De bruto emissie van een component X is berekend door vermenigvuldiging van de emissieverklarende variabele met de overeenkomstige emissiefactor.

Tabel 4: Bruto emissies (kg/jaar) onderhoud waterbouw in 2010.

Stof	Bruto emissies (kg)		
	bruggen	sluizen	totaal
acenaftheen	0,0355	0,0355	0,0711
acenaftyleen	0,0380	0,0380	0,0760
anthraceen	0,0107	0,0107	0,0213
benzo[a]anthraceen	0,0014	0,0014	0,0028
benzo[a]pyreen	0,0007	0,0007	0,0014
benzo[b]fluorantheen	0,0007	0,0007	0,0014
benzo[g,h,i]peryleen	0,0000	0,0000	0,0000
benzo[k]fluorantheen	0,0007	0,0007	0,0014
chryseen	0,0007	0,0007	0,0014
dibenzo[a,h]anthraceen	0,0001	0,0001	0,0003
fenanthreen	0,0533	0,0533	0,1066
fluorantheen	0,0071	0,0071	0,0142
fluoreen	0,0320	0,0320	0,0640
indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,0007	0,0007	0,0014
naftaleen	0,0767	0,0767	0,1535
pyreen	0,0057	0,0057	0,0114
PAK16	0,2642	0,2642	0,5283
minerale olie	35,53	35,53	71,0600

Netto emissie

Op de bruto emissies wordt de verdeling van de emissie over de verschillende compartimenten in rekening gebracht (emissieroutes) om te komen tot de netto emissies naar oppervlakte water. De netto emissies voor bruggen zijn lager dan de bruto emissies daar 50% achterblijft op de kade en 50% in het oppervlaktewater terecht komt (zie emissieroutes). Voor sluisdeuren zijn de netto emissies gelijk aan de bruto emissies.

De vrachten naar het oppervlaktewater worden bij de omrekening van bruto naar netto emissies eveneens verplaatst van de locatie waar ze gegenereerd worden naar de corresponderende lozingspunten. Deze kunnen zich in de dokken, de Schelde of buiten het studiegebied bevinden.

Tabel 4: Netto emissies (kg/jaar) onderhoud waterbouw in 2010.

Stof	Netto emissies (kg)		
	bruggen	sluizen	totaal
acenaftheen	0,0178	0,0355	0,0533
acenaftyleen	0,0190	0,0380	0,0570
anthraceen	0,0054	0,0107	0,0161
benzo[a]anthraceen	0,0007	0,0014	0,0021
benzo[a]pyreen	0,0004	0,0007	0,0011
benzo[b]fluorantheen	0,0004	0,0007	0,0011
benzo[g,h,i]peryleen	0,0000	0,0000	0,0000
benzo[k]fluorantheen	0,0004	0,0007	0,0011
chryseen	0,0004	0,0007	0,0011
dibenzo[a,h]antraceen	0,0001	0,0001	0,0002
fenanthreen	0,0267	0,0533	0,0800
fluorantheen	0,0036	0,0071	0,0107
fluoreen	0,0160	0,0320	0,0480
indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,0004	0,0007	0,0011
naftaleen	0,0384	0,0767	0,1151
pyreen	0,0029	0,0057	0,0086
PAK16	0,1321	0,2642	0,3963
minerale olie	17,77	35,53	53,30

7 Koppeling aan GIS-data en kwantificering

Tabel 5: Spreiding van de emissiebron over linker- en rechteroever in 2010,

EVV	LO	RO	Totaal
Bruggen (aantal)	11%	89%	18
Sluizen (m)	18%	82%	1 397

Tabel 6: Spreiding van de bruto emissies(kg/jaar) onderhoud waterbouw over linker- en rechteroever in 2010.

Zone	Bruto PAK16 (kg)			Bruto Minerale olie (kg)			Aandeel
	Bruggen	Sluizen	Totaal	Bruggen	Sluizen	Totaal	
Linkeroever	0,03	0,05	0,08	3,95	6,51	10,46	15%
Recheroever	0,23	0,22	0,45	31,58	29,02	60,60	85%
Totaal	0,26	0,26	0,53	35,53	35,53	71,06	

Tabel 7: Spreiding van de netto emissies (kg/jaar) onderhoud waterbouw over linker- en rechteroever in 2010.

Zone	Netto PAK16 (kg)			Netto Minerale olie (kg)			Aandeel
	Bruggen	Sluizen	Totaal	Bruggen	Sluizen	Totaal	
Linkeroever	0,01	0,05	0,06	1,97	6,51	8,49	16%
Recheroever	0,12	0,22	0,33	15,79	29,02	44,81	84%
Totaal	0,13	0,26	0,40	17,77	35,53	53,30	

Tabel 8: Spreiding van de bruto en netto emissies (kg/jaar) onderhoud waterbouw over de verschillende wateroppervlakken van het havengebied in 2010.

Zone	Bruto emissies (kg)			Netto emissies (kg)		
	Minerale olie	PAK16	Aandeel	Minerale olie	PAK16	Aandeel
Berendrechtsluis	12,82	0,10	18%	10,85	0,08	20%
Zandvlietluis	11,04	0,08	16%	9,07	0,07	17%
Kallosluis	8,49	0,06	12%	7,50	0,06	14%
Van Cauwelaertsluis	8,06	0,06	11%	7,07	0,05	13%
Boudewijnsluis	7,47	0,06	11%	6,49	0,05	12%
Kanaaldok B2	3,95	0,03	6%	1,97	0,01	4%
Royerssluis	2,80	0,02	4%	1,81	0,01	3%
Amerikadok	2,61	0,02	4%	1,63	0,01	3%
Hansadok	1,97	0,01	3%	0,99	0,01	2%
Verbindingsgeul LED-ALD	1,97	0,01	3%	0,99	0,01	2%
Waaslandkanaal	1,97	0,01	3%	0,99	0,01	2%
Noordkasteelbrug	1,97	0,01	3%	0,99	0,01	2%
Schelde	1,97	0,01	3%	0,99	0,01	2%
Schelde - Rijnkanaal	1,97	0,01	3%	0,99	0,01	2%
Wilmarsdonkbrug	1,97	0,01	3%	0,99	0,01	2%
<i>Totaal</i>	<i>71,06</i>	<i>0,53</i>		<i>53,30</i>	<i>0,40</i>	

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de werkwijze die in de publicatiereeks Emissieregistratie wordt aangehouden [3]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (CORE emission INventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

In tabel 9 is de betrouwbaarheid van de onderdelen van de berekening opgenomen.

De emissieverklarende variabelen (aantal scharnieren aan brug en lengte sluisdeuren) zijn geregionaliseerd op basis van goed gekende informatie (ligging van de bruggen en sluisen) zodat een betrouwbaarheidsclassificatie A kan aangehouden worden voor de regionalisatie. Het aantal brugscharnieren en sluisdeurlengte waren de best beschikbare variabelen voor kwantificeren van de emissies door smeeroelieverlies, maar de EVV kan nog verbeterd worden (bv. door ook rekening te houden met gebruiksintensiteit van de bewegende onderdelen). Bijgevolg wordt een betrouwbaarheidsclassificatie B toegekeend aan de EVV.

De emissiefactor is gekwantificeerd op basis van informatie over de hoeveelheid aangekocht producten in de periode 2008 – 2010 (niet op de effectief gebruikte hoeveelheden), het verliespercentage is een schatting, en het gehalte aan PAK componenten is gebaseerd op algemene gegevens over de samenstelling van smeeroelieproducten bij gebrek aan informatie over de samenstelling van de effectief gebruikte producten. Op grond hiervan kan voor de emissiefactoren de classificatie D worden aangehouden.

Voor emissies van sluisdeuren is de verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten en emissieroutes betrouwbaar te begroten omdat alle smeeroelieverlies direct in het oppervlaktewater terecht komt. Het smeeroelieverlies van beweegbare bruggen komt echter

niet allemaal rechtstreeks in het oppervlaktewater terecht. Er wordt aangenomen dat een deel van de emissies op de kade terecht komt en slechts gedeeltelijke afspoelt naar het oppervlaktewater. Het verdelingspercentage is een schatting. Omwille van deze schatting wordt voor de compartimentverdeling en emissiesroutes een betrouwbaarheidscategorie C gehanteerd.

Tabel 9: Betrouwbaarheid onderdelen emissieberekening.

onderdeel emissieberekening	betrouwbaarheids-classificatie
Emissieverklarende variabele	B
Emissiefactor	D
Verdeling compartimenten	C
Emissieroutes naar water	C
Regionalisatie	A

Verbeterpunten:

- De EF voor smeerolieverlies van brugscharnieren en sluisdeuren kan verbeterd worden met informatie over de samenstelling van de gebruikte smeermiddelen (minerale oliegehalte, olietype, PAK gehalte van de olie). Er worden verschillende smeermiddelen gebruikt. Indien de samenstelling van de gehanteerde smeerproducten per toepassing gekend is en verschillend blijkt, dan kan de EF opgespitst worden per toepassing.
- De EF voor smeerolieverlies van brugscharnieren en sluisdeuren kan eveneens verbeterd worden m.b.t. het verliespercentage. Nuttig daartoe zijn kwantitatieve gegevens over de hoeveelheid verwijderd smeervet bij onderhoud van de bruggen en sluizen.
- De verdeling over de compartimenten en de emissies naar water kan verbeterd worden met betere en meer gedetailleerde informatie over de positie van de scharnieren op de brug, de aard van de ondergrond (gras, grind, beton) ter hoogte van de scharnierpunten en de afstand tot het oppervlaktewater.

9 Referenties

- [1] CIW/CUWVO werkgroep VI, februari 1997. Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen.
- [2] Bron: email met Wilbert Snijers, KLT bv te Heijningen, leverancier smeervetten, 23-07-2012.
- [3] Most, P.F.J. van der et al., juli 1998. Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water. Publicatiereeks Emissieregistratie, nr. 44.

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Corrosie waterbouw

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

Corrosie waterbouw

1 Korte omschrijving van de emissiebron

Deze factsheet bevat een rekenmethode voor de emissies ten gevolge van corrosie en uitloging van de materialen gebruikt voor waterbouwkundige constructies (bruggen, sluizen, damwanden, kaaimuren, steigers, meerpalen, dokbodembescherming). De aard van de emissies is afhankelijk van de materialen waaruit het bouwwerk opgetrokken is en de eventuele beschermende lagen (coatings) die erop aangebracht zijn. In deze factsheet wordt ingegaan op de zware metalen en PAK-emissies.

Corrosie van waterbouwkundige constructies is in hoofdzaak een directe emissiebron waarbij de emissies rechtstreeks in het oppervlaktewater terechtkomen daar de meeste constructies zich in, boven of aan de rand van het water bevinden. In beperkte mate zijn er ook indirecte emissies via afspoeling naar de regenwaterriolering in geval de constructies zich (geheel of gedeeltelijk) op verhard oppervlak bevinden. In het Antwerpse havengebied komt alle regenwaterriolering in het oppervlaktewater terecht. Er is geen regenwaterriolering aangesloten op een RWZI.

Voor het studiegebied zijn enkel de damwanden en dokbodembescherming relevante emissiebronnen. Twee soorten dokbodembescherming worden onderscheiden: asfaltmatten en staalslakken. De andere constructies zijn ofwel voorzien van corrosiebescherming of zijn opgetrokken uit weinig corrosiegevoelig materiaal.

Corrosie van waterbouwkundige constructies wordt ingedeeld in het perceel waterbouw.

2 Berekeningswijze van de emissies

De emissies worden afzonderlijk berekend voor de verschillende constructies (opgesomd in paragraaf 1). Emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV) – hier oppervlakte of lengte van de constructies – met een emissiefactor (EF), uitgedrukt in emissie per eenheid van de EVV. Deze berekeningswijze is uitgebreid toegelicht in de Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen [1].

$$E_s = EVV \times EF \quad (1)$$

Waarbij:

E_s	=	Emissie van stof s door corrosie van waterbouwkundige constructies (kg stof s/jaar),
EVV	=	Oppervlakte (m^2) of lengte (m) van de constructie en
EF	=	Emissiefactor, jaarlijks vrijgesteld hoeveelheid van stof s per oppervlakte of lengte van de constructie (kg stof s/m^2 /jaar of kg stof s/m/jaar).

De op deze wijze berekende emissie is de totale emissie naar water door deze bron, en wordt bruto emissie genoemd.

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

De emissieverklarende variabele is de oppervlakte of lengte van de waterbouwkundige constructies in het Antwerpse havengebied die gevoelig zijn voor corrosie of uitloging. De beschouwde constructies zijn asfaltmatten, staalslakken en damwanden.

De EVV voor asfaltmatten en staalslakken, die gebruikt worden als dokbodembescherming, is de oppervlakte bedekt met het betreffende materiaal. De informatie over aanwezigheid en aard van de bodembescherming in de dokken is aangeleverd door het Gemeentelijk Havenbedrijf

Antwerpen. De oppervlakte van het dokbescheringsmateriaal is bepaald op basis van GIS kaarten die aangeleverd zijn door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.

De EVV voor damwanden is de dwarse oppervlakte van de wanden (in XZ vlak). De informatie over aanwezigheid en geografische locatie van de damwanden is aangeleverd door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen in de vorm van een GIS-bestand. De lengte maat van de damwanden kan afgeleid worden uit het GIS-bestand (afstand in XY vlak). Voor een aantal van de locaties met damwanden is de hoogte van de damwand gekend. De gegevens over damwandhoogte waren echter onvolledig. Uitgaande van de beschikbare data is voor de damwanden op rechteroever een gemiddelde hoogte van 2,0 meter aangenomen en voor damwanden op linkeroever een gemiddelde hoogte van 5,7 meter. De damwanden zijn niet afgeschermd door een coating of door anodes. Emissies door corrosie treden dus op over de ganse dwarse oppervlakte.

4 Emissiefactoren

De emissiefactor is de hoeveelheid van een stof die vrijgesteld wordt door corrosie of uitloging van het constructiemateriaal per eenheid van oppervlakte (dokbeschermt) of per eenheid van lengte (damwand). De emissiefactor wordt bepaald op basis van de samenstelling van het materiaal en de corrosie- of uitloogsnelheid. Informatie over de aard (type, technische fiche) van de materialen en de toepassingswijze (omvang, contact met het water, afscherming met ander materiaal, etc.) is aangeleverd door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.

Damwanden

De voornaamste elementen die de corrosiesnelheid van damwanden bepalen zijn het zoutgehalte van het water (zout, brak, zoet), de blootstelling of de aard van het watercontact (permanent onder water, getij, spatwater), de aard van het constructiemateriaal (type staal) en de eventuele aanwezigheid van coating of anodische bescherming.

Uitgaande van de informatie aangeleverd door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen zijn de damwanden in de haven van Antwerpen vervaardigd uit roestvrijstaal en zijn niet afgeschermd door coating of anodes. Door afwezigheid van getij in de dokken kan aangenomen worden dat de damwanden zich grotendeels permanent onder water bevinden. Door de landinwaartse ligging van de Antwerpse haven is het water brak.

Uit de resultaten van een corrosiestudie waarin verschillende types roestvrij staal blootgesteld aan verschillende zoutconcentraties [3] is een gemiddelde corrosiesnelheid berekend. Enkel de corrosiesnelheden voor gewoon roestvrijstaal (16-18% chroom, 10-13% nikkel) gemeten onder brak- en zoutwater condities zijn verrekend. Daar het chroom- en nikkelgehalte van het staal mede bepalend is voor de corrosiesnelheid is bij de berekening van de emissiefactor rekening houden met de samenstelling. Immers, staal met een laag gehalte chroom en nikkel corrodeert sneller maar per gram gecorrodeerd staal wordt minder chroom en nikkel vrijgesteld. Staal met hogere gehalten chroom en nikkel corrodeert trager maar per gram gecorrodeerd staal wordt meer chroom en nikkel vrijgesteld.

Voor de gehanteerde dataset met roestvrije met 16-18% chroom en 10-13% nikkel in brak- en zoutwater condities [3] bedraagt de corrosiesnelheid 0,0024 – 0,0033 mm/m²/jaar. Voor gewoon staal (<1% chroom en <0,1% nikkel) wordt de corrosiesnelheid in zoetwater op 0,012 mm/m²/jaar geschat en in zoutwater kan de corrosie een factor 2 tot 10 hoger liggen afhankelijk van de blootstelling [4],[5].

Rekeninghoudend met de gemiddelde dichtheid van roestvrijstaal (7930 kg/m³) en het chroom en nikkel gehalte van de verschillende staaltypes is de dataset met corrosiesnelheden verrekend tot onderstaande emissiefactoren voor chroom en nikkel.

Tabel 1: Emissiefactoren voor corrosie van damwanden uit roestvrijstaal

Stof	EF (g/m ² /j)
chroom	3,85
nikkel	2,46

Asfaltmatten

De aanwezige dokbodembescherming of –versteving in de haven van Anwerpen omvat asfaltmatten en staalslakken.

De asfaltmatten zijn koolteervrij maar bevatten wel een beperkt gehalte bitumen ter vervanging van de koolteer (circa 4% volgens de technische fiches). Bitumen is een component op basis van aardolie (25-59%) met een veel lager PAK gehalte dan koolteer [6],[7]. De asfaltmatten bevatten ongeveer 4% bitumen. Onderstaande emissiefactoren voor uitloging van PAK uit bitumen zijn gehanteerd. Het zijn gemiddelde waarden op basis van een uitloogstudie waarin negen commerciële soorten bitumen zijn getest [8]. De resultaten van de uitloogtest zijn uitgedrukt als uitgeloopte concentratie PAK in de oplossing. Rekeninghoudend met het de liquid/solid (L/S) verhouding in de uitloogtest kunnen de getallen herrekend worden tot uitgeloopte hoeveelheid PAK per massa bitumen. Voor de omrekening naar de gewenste emissiefactoren voor PAK is rekening gehouden met het bitumengehalte in de asfaltmatten (4%) en de dikte van de asfaltmatten. is aangenomen dat PAK uitlogen over de eerste meter van de asfaltmat. De dichtheid van de asfaltmatten is berekend uit de beschikbare technische specificaties van het materiaal. De dikte van de aanwezige asfaltmatten in dokken varieert en is niet voor alle locaties met asfaltmatten gekend is, Voor de berekening van de PAK emissiefactoren in mg/m²/jaar is een dikte 0.25 meter gehanteerd. Dit is de mediaan waarde van de beschikbare cijfers en ranges m.b.t. de dikte van de asfaltmatten in de dokken.

Tabel 2: Emissiefactoren voor uitloging van koolteervrije asfaltmatten met 4% bitumen

Stof	EF (mg/m ² /jaar)
acenaftteen	0,5112
acenaftyleen	0,5112
antraceen	0,6670
benzo[a]antraceen	0,0344
benzo[a]pyreen	0,0066
benzo[b]fluorantheen	0,0077
benzo[g,h,i]peryleen	0,0011
benzo[k]fluorantheen	0,0058
chryseen	0,0912
coroneen*	0,0036
dibenzo[a,h]antraceen	0,0023
fenanthreen	4,3263
fluorantheen	0,0768
fluoreen	1,6953
indeno[1,2,3-c,d]pyreen	0,0057
naftaleen	13,5643
pyreen	0,1949
PAK16	21,7018

* coroneen behoort niet tot PAK16

Staalslakken

Onderstaande emissiefactoren voor de uitloging van metalen uit staalslakken zijn gehanteerd. Het zijn de gemiddelde waarden van de uitloogtesten die uitgevoerd zijn op staalslakken van één leverancier van staalslakmateriaal voor de Antwerpse haven [9],[10]. Leveranciers van staalslakken voor gebruik als dokbodembescherming, versteving of ophoging dienen steeds een gebruikscertificaat voor te leggen. Een uitloogtest maakt deel uit van de toekenning van dergelijk certificaat. De resultaten van de uitloogtest zijn uitgedrukt als uitgeloopte hoeveelheid metaal per massa staalslak. Voor de omrekening naar de gewenste emissiefactoren voor de betreffende metalen is rekening gehouden met de dichtheid van de staalslakken (beschikbare technische specificaties) en is aangenomen dat uitloging optreedt over de eerste diktemeter. De dikte van de aanwezige laag staalslakken in de Antwerpse haven is minder dan 0,5 m zodat uitloging over de volledige laagdikte in rekening gebracht is.

Tabel 3: Emissiefactoren voor uitloging van staalslakken

Stof	EF (mg/m ² /j)
arseen	62,50
cadmium	15,00
chromium	75,00
koper	31,50
kwik	3,25
lood	75,31
nikkel	62,50
zink	75,63

5 Geografische locaties

De verdeling van emissies over het havengebied gebeurt op basis van de geografische ligging van de verschillende waterbouwkundige constructies op het terrein van de Antwerpse haven. De locatie van de asfaltmatten, staalslakken en damwanden is bepaald op basis van GIS kaarten die aangeleverd zijn door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.

Het studiegebied omvat het zeehavengebied van Antwerpen zoals afgebakend in *“het gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan Afbakening zeehavengebied Antwerpen”* zoals voorlopig vastgesteld door de Vlaamse Regering op 27 april 2012.

De ligging van de damwanden wordt met een lijn aangegeven in het GIS-bestand “waterrand.shp”. Voor elk lijnsegment is de totale oppervlakte gekend. Dit wordt over het GHA rooster met een resolutie van 50x50m gespreid. Binnen het studiegebied hebben de damwanden een lengte van 7,4km en een dwarsoppervlak van 21.473m².

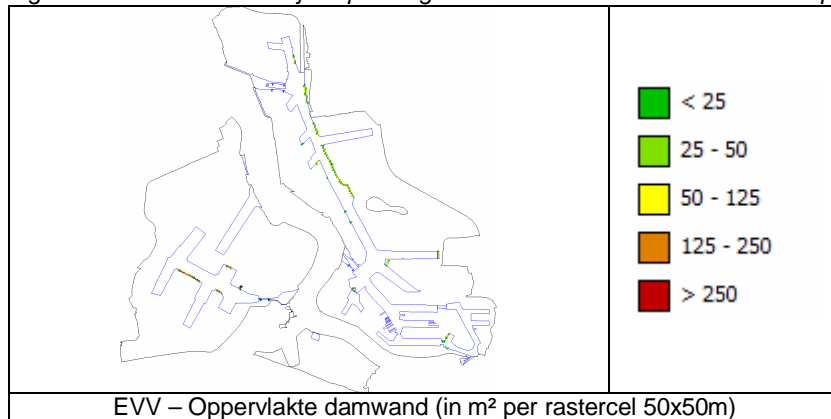
De ligging van dokbodembescherming wordt aangegeven in het GIS-bestand “dokbodembescherming_120509.shp”. In het studiegebied is 45 ha dokbodembescherming aanwezig, onder de vorm van zeven types. Hiervan worden enkel de asfaltmatten en staalslakken meegenomen als relevante emissiebronnen. De twee zones die als “niet gekend” in het GIS-bestand aanwezig waren, konden op basis van aanvullende informatie vervangen worden door staalslakken (kaainummer 627A) en breuksteen gepenetreerd met beton (kaainummer 235). Uit het GIS-bestand kon ook een indicatie over de typische dikte van zo’n dokbodembescherming gehaald worden om te verwerken in de emissiefactoren.

De staalslakken ter hoogte van kaainummer 627A blijken in het GIS-bestand te ruim te zijn ingetekend. De gekarteerde oppervlakte is 12.967m², terwijl het in de praktijk eerder zou gaan om een zone van +/- 10m breed en 120m lang. In de vertaling tot de verrasterde EVV kaart met oppervlakte staalslakken per cel (50x50m) werd er dan ook voor gezorgd dat er in totaal 1200m² gerapporteerd wordt. Dit werd bewerkstelligd door dit aantal gelijkmatig te spreiden over de 16 gridcellen van het GHA-rooster die dit staalslakgebied omvatten. Elke gridcel krijgt bijgevolg een oppervlakte van 75m² toegewezen.

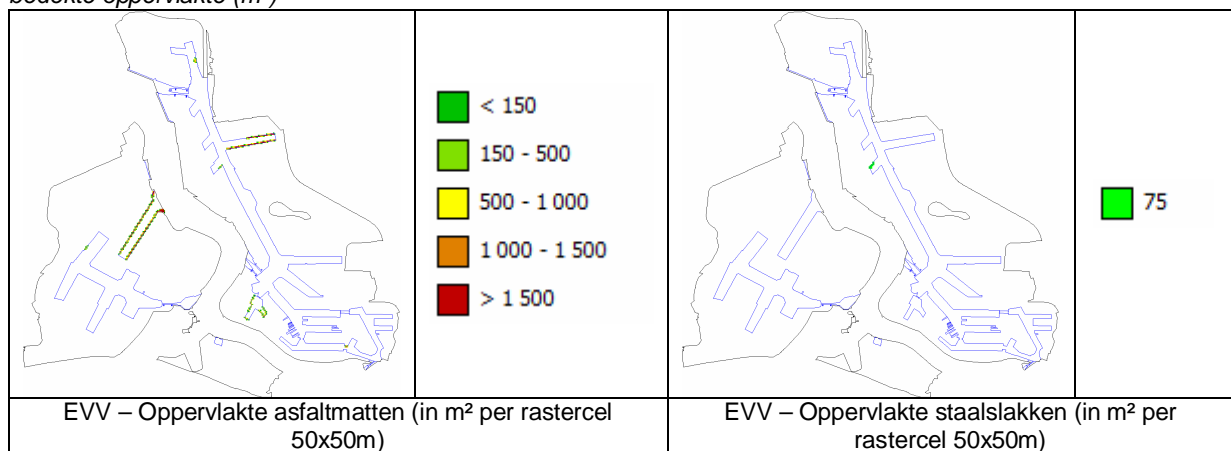
De asfaltmatten hebben een oppervlakte van 34ha.

De EVV kaarten worden hieronder weergegeven op de ruimtelijke resolutie waarop de berekeningen plaatsvinden.

Figuur 1: Kaart met ruimtelijke spreiding van de damwanden en de dwarse oppervlakte (m²)



Figuur 2: Kaart met ruimtelijke spreiding van de dokbodembescherming (asfaltmatten en staalslakken) en de bedekte oppervlakte (m²)



6 Emissieroutes en bruto-netto-emissies

Emissieroutes

De route voor de emissie corrosie aan waterbouwkundige constructies gaat voor damwanden en dokbodembescherming voor 100% naar het oppervlaktewater aangezien de constructies zich in het water bevinden. De aanwezigheid van sediment op de asfaltmatten zal direct contact met het oppervlaktewater verminderen, maar dat vormt geen afschermdende barrière. De PAK zullen migreren in het sediment en vervolgens wordt het verontreinigde slib een emissiebron naar het water.

Polluentvorm

Bij de emissies van damwanden naar oppervlaktewater van zullen de geëmitteerde stoffen het water bereiken in opgeloste vorm. Corrosie van metaal is het proces waarbij metaalionen uit de vaste fase (anodemetaal) in oplossing gaan. Zware metalen zijn redelijk oplosbaar maar zullen ook sorberen op sedimentpartikels. Typisch raakt naar verloop van tijd de waterbodem van waterlichamen met verhoogde metaalconcentraties in het water eveneens verontreinigd.

Bij de emissies van asfaltmatten en staalslakken naar oppervlaktewater van zullen de geëmitteerde stoffen eveneens het water bereiken in opgeloste vorm. Uitloging is het proces waarbij stoffen uit de vaste fase migreren naar de vloeistoffase (water) waar de stoffen dus in eerste instantie in opgeloste vorm vrijgesteld worden. De zware metalen die vrijkomen uit staalslakken zijn redelijk oplosbaar maar zullen ook sorberen op sedimentpartikels. Typisch raakt naar verloop van tijd de waterbodem van waterlichamen met verhoogde metaalconcentraties in het water eveneens verontreinigd. De PAK die vrijkomen uit de asfaltmatten zijn slecht oplosbaar

en zullen bij voorkeur hechten aan sedimentpartikels zodat verontreiniging van het slib of de waterbodem in het ontvangende water zeker te verwachten valt.

Bruto emissie

De bruto emissie van een stof is berekend door vermenigvuldiging van de emissieverklarende variabele met de overeenkomstige emissiefactor (zie berekeningswijze in paragraaf 2).

Tabel 4: Bruto/netto emissies (kg/jaar) door corrosie van damwanden in 2010.

Stof	Emissie (kg)
chromium	82,70
nikkel	52,78

Tabel 5: Bruto/netto emissies (kg/jaar) door uitloging van asfaltmatten met 4% bitumen in 2010.

Stof	Emissie (kg)
acenaftteen	0,1736
acenaftyleen	0,1736
antraceen	0,2265
benzo[a]antraceen	0,0117
benzo[a]pyreen	0,0022
benzo[b]fluorantheen	0,0026
benzo[g,h,i]peryleen	0,0004
benzo[k]fluorantheen	0,0020
chryseen	0,0310
coroneen	0,0012
dibenzo[a,h]antraaceen	0,0008
fenantreen	1,4694
fluorantheen	0,0261
fluoreen	0,5758
indeno[1,2,3-c,d]pyreen	0,0019
naftaleen	4,6070
pyreen	0,0662
PAK 16	7,37

* coroneen behoort niet tot PAK16

Tabel 6: Bruto/netto emissies (kg/jaar) door uitloging van staalslakken in 2010.

Stof	Emissie (kg)
arsen	0,075
cadmium	0,018
chromium	0,090
koper	0,038
kwik	0,004
lood	0,090
nikkel	0,075
zink	0,091

Netto emissie

In geval van corrosie van damwanden en uitloging van asfaltmatten en staalslakken zijn de netto emissies gelijk aan de bruto emissies daar 100% rechtstreeks in het oppervlaktewater terechtkomt (zie emitteroutes).

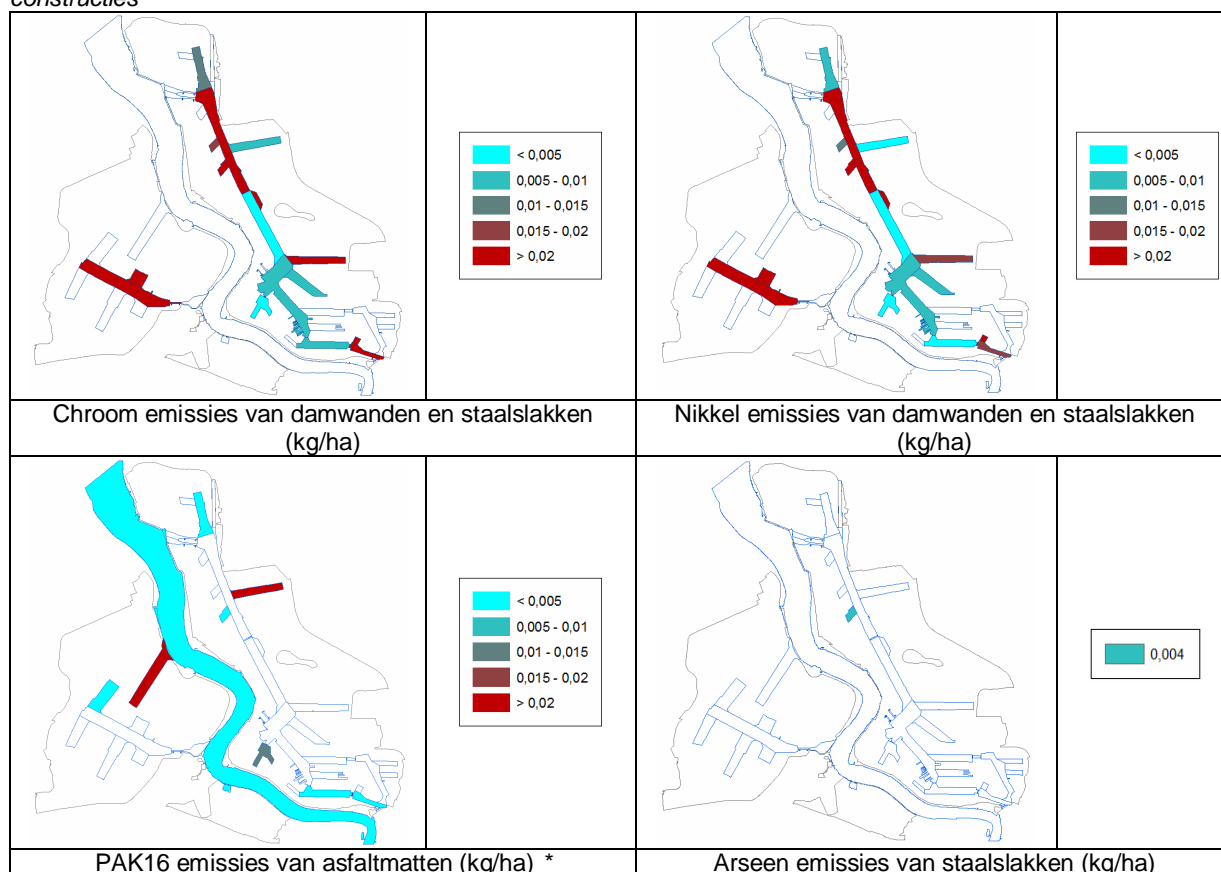
Door de toenemende omvang en diepgang van zeeschepen die de Antwerpse haven aandoen, stijgt de mogelijke impact van deze schepen op de stabiliteit van de oevers. De schroefbeweging van deze grote schepen kan immers zorgen voor ondergraving van de kaaimuren en damwanden. Er zijn dan ook verschillende nieuwe bodembeschermingsmaatregelen gepland. Vermoedelijk zullen de emissies van deze waterbouwkundige constructies dan ook stijgen in de komende jaren. Omdat het echter niet mogelijk is om betrouwbare prognoses te maken over de

evolutie van het aantal en de omvang van de waterbouwkundige constructies zijn in kader van deze studie echter geen prognoses gemaakt voor 2015 en 2020.

7 Koppeling aan GIS-data en regionalisering

Figuur 3 toont de ruimtelijke spreiding van chroom, nikkel, arseen en PAK16 emissies afkomstig van de corrosie waterbouw. De tabellen 7 tot en met 11 geven het spreidingspatroon weer met meer ruimtelijk detail. De bruto emissies zijn gelijk aan de netto emissies

Figuur 3: Geografische spreiding van de bruto/netto emissies door corrosie/uitloging van waterbouwkundige constructies



* De PAK16 emissies van asfaltmatten uitgespreid over de Schelde zijn afkomstig van asfaltmat in Deurganckdok die raakt aan overs van de Schelde

Tabel 7: Spreiding van de emissiebron over linker- en rechteroever in 2010.

EVV	LO	RO	Totaal
Oppervlakte damwanden (m ²)	48%	52%	21 473
Oppervlakte asfaltmatten (m ²)	54%	46%	339 644
Oppervlakte staalslakken (m ²)	0%	100%	1 200

Tabel 8: Spreiding van de bruto/netto emissies (kg/jaar) door corrosie van damwanden over de verschillende wateroppervlakken van het havengebied in 2010.

Zone	chromium (kg)	nikkel (kg)	Aandeel
Waaslandkanaal	34,5	22,0	42%
Kanaaldok B2	25,0	15,9	30%
Duwvaart Schuuldok	6,3	4,0	8%
Noordelijk insteedok	5,2	3,3	6%
Churchilldok	2,3	1,4	3%
Hansadok	2,0	1,3	2%
Noordkasteeldok	1,8	1,2	2%

Zone	chrom (kg)	nikkel (kg)	Aandeel
Insteekdok 1	1,3	0,9	2%
Kanaaldok B3	1,1	0,7	1%
Amerikadok	0,9	0,6	1%
6e Havendok	0,5	0,3	1%
5e Havendok	0,5	0,3	1%
Kanaaldok B1	0,4	0,3	1%
Delwaidedok	0,4	0,2	0%
Insteekdok 2	0,2	0,2	0%
Noordkasteelbrug	0,1	0,0	0%
Kallosluis	0,1	0,0	0%
Marshalldok	0,0	0,0	0%
<i>Totaal</i>	<i>82,7</i>	<i>52,8</i>	

Tabel 9: Spreiding van de bruto/netto emissies door uitloging van asfaltmatten over de verschillende wateroppervlakken van het havengebied in 2010. Zone

Zone	PAK16 (kg)	Aandeel
Deurganckdok	3,82	52%
Delwaidedok	2,52	34%
Marshalldok	0,61	8%
Kanaaldok B3	0,12	2%
ingang Deurganckdok	0,08	1%
Doeldok	0,06	1%
Insteekdok 1	0,06	1%
5e Havendok	0,04	0%
Schelde	0,03	0%
Noordkasteelbrug	0,03	0%
Amerikadok	0,02	0%
<i>Totaal</i>	<i>7,37</i>	

Tabel 10: Bruto/netto emissies (g/jaar) door uitloging van staalslakken in 2010.

Stof	Bruto/netto emissie (g) Insteekdok 1 (RO)
arseen	75,0
cadmium	18,0
chrom	90,0
koper	37,8
kwik	3,9
lood	75,0
nikkel	90,4
zink	90,8

Tabel 11: Spreiding over linker- en rechteroever van de bruto/netto emissies (kg/jaar) zware metalen en PAK16 door corrosie/uitloging van waterbouwkundige constructies in 2010.

Stof	LO	RO	Emissie (kg)
arseen	0%	100%	0,075
cadmium	0%	100%	0,018
chrom	48%	52%	82,783
koper	0%	100%	0,038
kwik	0%	100%	0,004
lood	48%	52%	52,856
nikkel	0%	100%	0,090
zink	0%	100%	0,091
PAK16	54%	46%	7,371

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de werkwijze die in de publicatiereeks Emissieregistratie wordt aangehouden [4]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (CORE emission INventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

In tabel 12 is de betrouwbaarheid van de onderdelen van de berekening opgenomen.

De emissieverklarende variabele is gekwantificeerd door extrapolatie van de beschikbare gegevens over de dimensies van de aanwezige damwanden, asfaltmatten en staalslakken. Niet voor alle locaties waar de beschouwde constructies voorkomen waren de dimensies gekend. Omwille van de beperkte onvolledigheid van de gegevens kan een betrouwbaarheidsclassificatie B aangehouden worden voor de emissieverklarende variabele.

De emissiefactor is gebaseerd op de resultaten van enkele corrosie- of uitloogtesten. Voor staalslakken gaat het om metingen uitgevoerd op het materiaal dat effectief in de haven gebruikt is. Voor damwanden en asfaltmatten zijn in de resultaten van testen op vergelijkbare materialen (of componenten van het materiaal) gebruikt voor berekening van de emissiefactoren zijn op het gehanteerde of vergelijkbaar materiaal. De omrekening van de uitloogresultaten naar de gewenste emissiefactor (in functie van de EVV) vereist enkele aannames. Op grond hiervan kan voor de emissiefactoren de classificatie C worden aangehouden.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten en de emissieroutes naar water zijn duidelijk geheel naar oppervlaktewater daar beschouwde constructies zicht in het water bevinden. Voor deze onderdelen kan dus de categorie A gehanteerd worden. De regionalisatie van de emissies is betrouwbaar want de geografische locatie van de damwanden, asfaltmatten en staalslakken is gekend. Dat resulteert in een betrouwbaarheidsclassificatie A.

Tabel 12: Betrouwbaarheid onderdelen emissieberekening.

onderdeel emissieberekening	betrouwbaarheidsclassificatie
Emissieverklarende variabele	B
Emissiefactor	C
Verdeling compartimenten	A
Emissieroutes naar water	A
Regionalisatie	A

Verbeterpunten:

- De emissieverklarende variabele voor damwanden kan verbeterd worden indien de hoogte van de verschillende damwanden in de Antwerpse haven gekend is zodat per locatie het aanwezige oppervlak damwand berekend kan worden.
- De Emissieverklarende variabele voor asfaltmatten en staalslakken kan verbeterd worden door (nauwkeurigere) opmeting van de aanwezige oppervlakte dokbodembescherming.
- De emissiefactor voor damwanden kan verbeterd worden op basis van meer gedetailleerde informatie over het staaltype en meer uitgebreide corrosietesten met verschillende zoutgehalten en blootstellingscondities. Een specifieke corrosiefactor voor de damwanden van de Antwerpse haven kan bepaald worden door het gebruikte damwand materiaal aan een uitgebreide corrosietest te onderwerpen.
- De emissiefactor voor staalslakken kan verbeterd worden door rekening te houden met de resultaten van uitloogtesten van alle leveranciers van staalslakken die aangebracht

zijn in dokken van de Antwerpse haven. Verhandelen van staalslakken als dokbodembescherming, versteviging of ophoging vereist een gebruikscertificaat. Een uitloogtest maakt deel uit van de toekenning van dergelijk certificaat.

- De emissiefactor voor asfaltmatten kan verbeterd worden door de gebruikte asfaltmatten te onderwerpen aan een uitloogtest. De huidige emissiefactor is afgeleid uit uitloogtesten voor bitumen rekeninghoudende met het bitumen gehalte in de asfaltmatten. Echter, de uitloging vanuit het samengestelde materiaal (de asfaltmat), kan verschillen van de uitloging vanuit één component van het mengsel, in dit geval bitumen met slechts een aandeel van 4%.

9 Referenties

- [1] CIW/CUWVO werkgroep VI, februari 1997. Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen.
- [2] Coppoolse J. et al. (1993) Zware metalen in oppervlaktewater. Bronnen en maatregelen. SPEED-document. RIZA nota 93.012, RIVM nota 773003001.
- [3] Malik A.U., Siddiqi N.A., Ahmad S. and Andijani I.N. (1995). The effect of dominant alloy additions on the corrosion behavior of some conventional and high alloy stainless steels in seawater. *Corrosion Science*, 37 (10): 1521-1535.
- [4] Rijkswaterstaat (2006). Richtlijnen voor Ontwerp Betonnen Kunstwerken (ROBK), versie 6.
- [5] CUR (2005). Publicatie 166, Damwandconstructies, 4e druk, deel 2.
- [6] Rijksinstituut voor Volksgezondheid en milieuhygiëne, Emissie van Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK) uit diverse bouwmaterialen en afvalstoffen, Bilthoven maart 1995.
- [7] VROM-Inspectie regio Oost. (2004) Weg met TAG - Rapport ketenhandhaving Teerhoudend Asphalt Granulaat (TAG).
- [8] Brandt H.C.A. & De Groot P.C. (2001). Aqueous leaching of polycyclic aromatic hydrocarbons from bitumen and asphalt. *Water Research*, 35 (17): 4200-4207.
- [9] Lisec N.V. (2003). Kolom-uitloogtest volgens CMA/2II/A.9.1 uitgevoerd op staalslakken Sidmar (bijlage bij gebruikcertificaat).
- [10] Lisec N.V. (2004). Kolom-uitloogtest volgens CMA/2II/A.9.1 uitgevoerd op staalslakken Sidmar (bijlage bij gebruikcertificaat).

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Anodes waterbouw

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

Anodes waterbouw

1 Korte omschrijving van de emissiebron

Om waterbouwkundige constructies te beschermen tegen corrosie kunnen opofferingsanodes aangebracht worden (kathodische bescherming). Waterbouwwerken worden uitgerust met anodes als alternatief voor coating, om niet gecoate onderdelen te beschermen en/of ter bescherming wanneer de kwaliteit van de coating afneemt. De opofferingsanodes bestaan uit een metaal dat onedeler is dan het metaal dat beschermd moet worden. Op waterbouwkundige constructies worden typisch zinkanodes of aluminiumanodes aangebracht.

Deze factsheet bevat een rekenmethode voor de emissies afkomstig van anodes die als corrosiebescherming bevestigd worden aan waterbouwkundige constructies (bruggen, sluisen, damwanden, kaaimuren en steigers). In de Antwerpse haven zijn enkel anodes aanwezig op sluisdeuren. De emissiebron is bijgevolg beperkt tot anodes op sluisen.

De emissies van anodes ontstaan door vertering van het metaal (in oplossing gaan, corrosie) waaruit de anode bestaat. De emissie door anodes is functie van de corrosiesnelheid van het anodemetaal (afhankelijk van de toepassing/ aard van de blootstelling), de blootstellingstijd en de toepassingsfactor (massa anode per constructie).

Anodes aan waterbouwkundige constructies zijn directe emissiebronnen. De emissies komen rechtstreeks in het oppervlaktewater terecht, daar de anodes aangebracht worden op constructies die zich in water bevinden.

Emissies van anodes aangebracht op waterbouwkundige constructies worden ingedeeld in het perceel waterbouw.

2 Berekeningswijze van de emissies

Emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV) – hier het gewicht aan anodes op sluisdeuren in het Antwerpse havengebied – met een emissiefactor (EF), uitgedrukt in emissie per eenheid van de EVV. Deze berekeningswijze is uitgebreid toegelicht in de Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen [1].

$$E_s = EVV \times EF \quad (1)$$

Waarbij:

E_s = Emissie van stof s uit anodes op waterbouwkundig constructies (kg stof s/jaar),
EVV = Gewicht aan anodes op constructies (ton) en
EF = Emissiefactor, massa van stof s jaarlijks vrijgesteld per anodemassa (kg stof s/ton/jaar).

De op deze wijze berekende emissie is de totale emissie naar water door anodes aan waterbouwkundige constructies en wordt bruto emissie genoemd. Dit wordt berekend voor de twee bronnen afzonderlijk: aluminium- en zinkanodes.

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

De emissieverklarende variabele is de hoeveelheid anodes op waterbouwkundige constructies in het Antwerpse havengebied. De EVV wordt bepaald op basis van het aantal waterbouwkundige constructies waarop anodes bevestigd zijn en het gewicht aan anodes per constructie.

De informatie over aanwezigheid van anodes op waterbouwkundige constructies is aangeleverd door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen. De aantallen en ligging van de constructies is

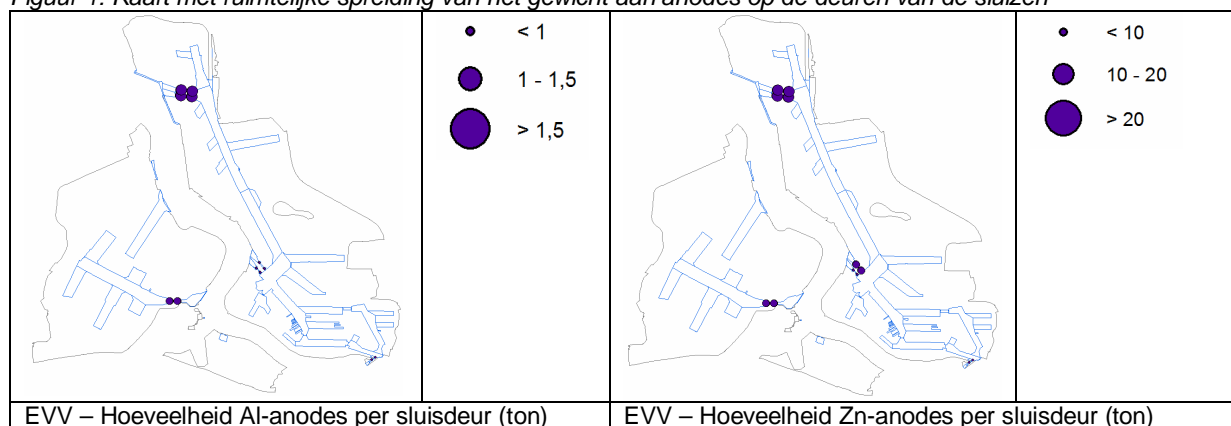
bepaald op basis van GIS kaarten die aangeleverd zijn door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.

In de Antwerpse haven zijn enkel anodes aanwezig op de deuren van de sluisen. Op basis van de bouwplannen van de Van Cauwelaerts sluis is per type anode (materiaal samenstelling) de hoeveelheid anode (ton) per oppervlakte sluisdeur bepaald. De resulterende anode-dichtheid is vervolgens geëxtrapoleerd naar de andere sluisen waarvoor geen gegevens beschikbaar zijn. Voor elke sluis kan zo de aanwezige hoeveelheid anode (ton) berekend worden rekeninghoudend met de oppervlakte van de deur. Met uitzondering van de Royerssluis met zijn twee deuren, heeft elke sluis in het studiegebied vier sluisdeuren. Het gaat dus om 407 ton Zn-anodes en 26 ton Al-anodes. De EVV kaarten worden onder de tabel weergegeven met de ruimtelijke resolutie waarop de berekeningen plaatsvinden. Elk middelpunt van de sluisdeur is op de rasterkaart te herkennen aan een ingekleurde gridcel. Wanneer twee sluisdeuren minder dan 50m van elkaar verwijderd liggen, dan kunnen ze in dezelfde gridcel gelegen zijn.

Tabel 1: Massa zink- en aluminiumanodes op de deuren van de verschillende sluisen in de Antwerpse haven

Sluis	aluminium anode (ton/deur)	zink anode (ton/deur)
Berendrechtsluis	1,89	29,07
Bouwdewijnsluis	0,91	14,07
Kallosluis	1,27	19,51
Royerssluis	0,26	4,03
Zandvlietsluis	1,77	27,20
Van Cauwelaertsluis	0,64	9,85

Figuur 1: Kaart met ruimtelijke spreiding van het gewicht aan anodes op de deuren van de sluisen



4 Emissiefactoren

De emissiefactor is de hoeveelheid metaal die vrijgesteld wordt door corrosie van de anodes per EVV eenheid. De emissiefactor wordt bepaald op basis van de vervangfrequentie (standtijd) van de anodes en de corrosiegraad bij vervanging.

Voor de anodes op sluisdeuren wordt aangenomen dat gemiddeld 60% van het anodemetaal in oplossing gaat voordat de anodes worden vervangen [3]. Uitgaande van de informatie gegeven door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen wordt voor de sluisen van de Antwerpse haven de standtijd van de anodes op 15 jaar geschat. Dit betekent dat een emissiefactor van 0,04 kg anodemetaal per jaar per EVV gehanteerd kan worden. De emissiefactor per metaal is vervolgens berekend op basis van de samenstelling van de anode. Op de sluisen in de Antwerpse haven zijn voornamelijk zinkanodes aanwezig. Daarnaast is er ook een beperkt aantal aluminium anodes. De huidige Zn-anodes zijn van het type MME 215ZT en de Al-anodes zijn van het type MME 8A. Technische fiches met de samenstelling per type anode zijn aangeleverd door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.

Tabel 2: Emissie factor voor aluminium, cadmium en zink voor de verschillende types anodes aanwezig op de deuren van sluisen in de Antwerpse haven

EF (g/ton/jaar)	aluminium anode MME 8A	zink anode MME 215ZT
aluminium	37,80	0,20
cadmium	0,00	0,03
zink	2,00	39,73

Bij vervanging worden zinkanodes van het type MME 16A geplaatst. Deze hebben dezelfde samenstelling als de MME 215ZT anodes, maar het gewicht per anode is kleiner (16 kg in plaats van 21,5 kg). Indien na vervanging de totale hoeveelheid (ton) zinkanode per sluis behouden blijft, zullen met het type MME 16A de emissies dezelfde blijven. Indien na vervanging het aantal zinkanodes (stuks) behouden blijft, zal de totale hoeveelheid (ton) zinkanode per sluis kleiner zijn en bijgevolg is de emissiebron (EVV) kleiner. Echter, mogelijks dienen de anodes dan sneller vervangen te worden en neemt bijgevolg de emissiefactor toe. De voornaamste factoren die de corrosiesnelheid van de anodes beïnvloeden zijn: het contactoppervlak, de corrosiviteit van het water (waterkwaliteit en samenstelling) en de eventuele aanwezigheid van andere corrosiebescherming zoals coating.

5 Geografische locaties

Het studiegebied omvat het zeehavengebied van Antwerpen zoals afgebakend in “*het gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan Afbakening zeehavengebied Antwerpen*” zoals voorlopig vastgesteld door de Vlaamse Regering op 27 april 2012.

De verdeling van emissies over het havengebied gebeurt op basis van de geografische ligging van de verschillende sluisen op het terrein van de Antwerpse haven. De locatie van de zes sluisen in het studiegebied is bepaald op basis van het GIS-bestand “wateroppervlak.shp” dat aangeleverd werd door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen. Aangezien de emissies niet gerelateerd zijn aan de oppervlakte van het sluisencomplex, kon deze gebiedsindeling niet zomaar overgenomen worden. De ligging van de sluisdeuren was uit bovenstaand GIS-bestand wel af te leiden en elke sluisdeur werd gedigitaliseerd op basis van zijn middelpunt. Elke sluis werd bijgevolg met vier punten weergegeven, met uitzondering van de Royerssluis die slechts twee sluisdeuren heeft en bijgevolg met twee punten wordt voorgesteld.

Aan elke sluisdeur wordt de hoeveelheid Zn- en Al-anodes toegekend (uitgedrukt in ton) en dit vormt de EVV kaart. (zie 3, emissieverklarende variabelen). Vermenigvuldiging met de emissiefactoren (zie 4) levert vervolgens de bruto emissiekaart. In geval van anodes op sluisdeuren is de netto emissie kaart gelijk aan de bruto emissie kaart omdat alle emissies rechtstreeks in het oppervlaktewater terechtkomen. De berekeningen op rasterniveau worden vertaald naar totalen per dokzone (zie tabel 2) en naar totalen voor linker- en rechteroever (zie figuur 2).

6 Emissieroutes en bruto-netto-emissies

Emissieroutes

De route voor de emissie van corrosie van anodes aan waterbouwkundige constructies is 100% naar het oppervlaktewater waarmee de anode in contact is (geografische locatie).

Polluentvorm

De emissies naar oppervlaktewater van de geëmitteerde stoffen zullen het water bereiken in opgeloste vorm. Corrosie van metaal is het proces waarbij metaalionen uit de vaste fase (anodemetaal) in oplossing gaan. Zware metalen zijn redelijk oplosbaar maar zullen ook sorberen op sedimentpartikels. Typisch raakt naar verloop van tijd de waterbodem van waterlichamen met verhoogde metaalconcentraties in het water eveneens verontreinigd.

Bruto emissie

De bruto emissie van een stof is berekend door vermenigvuldiging van de emissieverklarende variabele met de overeenkomstige emissiefactor (zie berekeningswijze in paragraaf 2). Voor corrosie van anodes op sluizen is verdeling van de bruto emissie over verschillende compartimenten niet relevant daar de emissies 100% rechtstreeks naar het oppervlaktewater gaan.

Tabel 2: Bruto emissies (g/jaar) door anodes op de verschillende sluizen in de Antwerpse haven

Zone	Bruto emissies per stof		
	aluminium	cadmium	zink
Berendrechtsluis	309	3,5	4635
Bouwdewijnsluis	149	1,7	2243
Kallosluis	208	2,3	3111
Royerssluis	21	0,2	321
Zandvlietsluis	289	3,3	4337
Van Cauwelaertsluis	105	1,2	1570
Totaal (kg/jaar)	1,08	0,01	16,22

Netto emissie

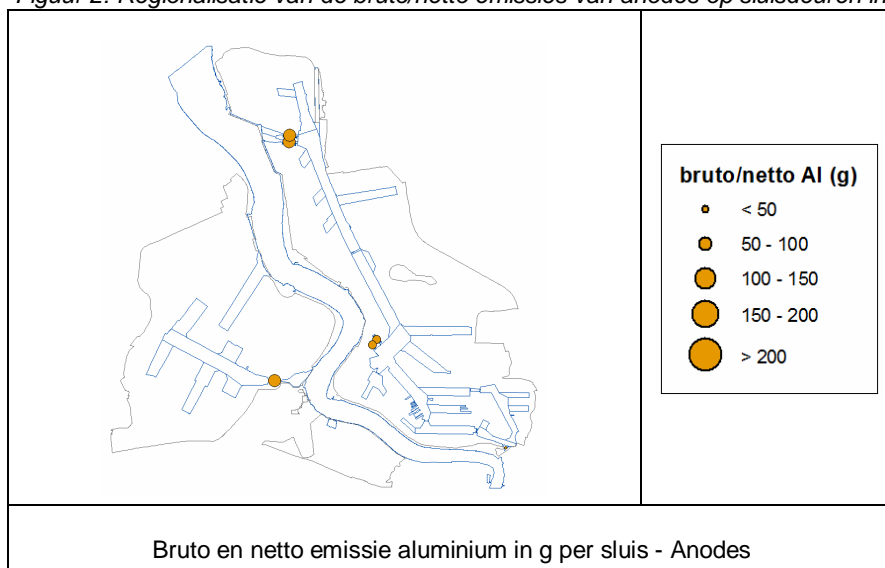
In geval van corrosie van anodes aan sluizen zijn de netto emissies gelijk aan de bruto emissies daar 100% rechtstreeks in het oppervlaktewater terecht komt (zie emissieroutes).

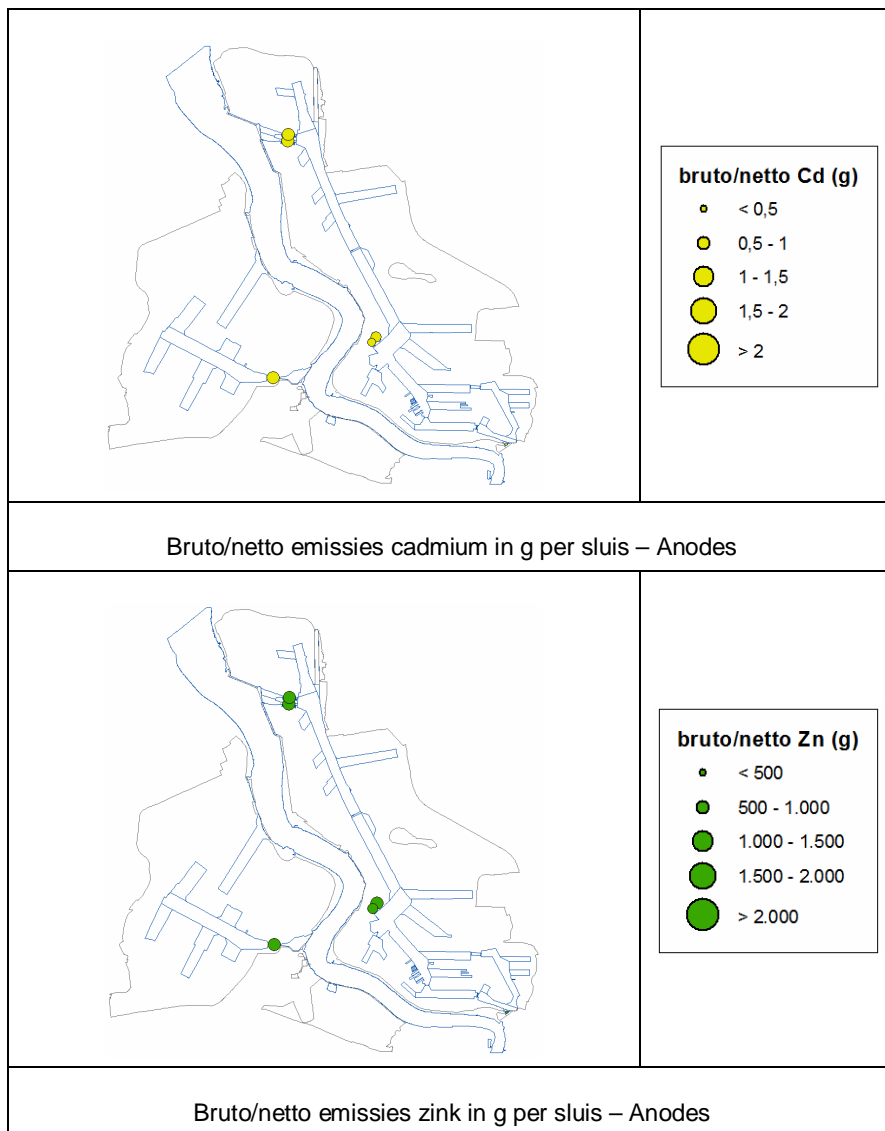
In de toekomst zullen, ter bescherming tegen corrosie, mogelijks ook anodes geplaatst worden op de damwanden in het havengebied. Dit kan, afhankelijk van het aantal bijkomende anode toepassingen in de Antwerpse haven, een grote invloed hebben op de omvang van de emissies door anodes op waterbouwkundige constructies. Op Linkeroever komt er op termijn ook een tweede sluis bij. Deze sluis zal waarschijnlijk eveneens gedeeltelijk door anodes beschermd worden. Omdat nog niet duidelijk is met welke omvang de toepassing van anodes zal evolueren, zijn in kader van deze studie echter geen prognoses gemaakt voor 2015 en 2020.

7 Koppeling aan GIS-data en kwantificering

Figuur 2 toont de ruimtelijke spreiding van aluminium, cadmium en zink emissies afkomstig van de anodes waterbouw. De twee tabellen geven het spreidingspatroon weer met meer ruimtelijk detail. De bruto emissies zijn gelijk aan de netto emissies

Figuur 2: Regionalisatie van de bruto/netto emissies van anodes op sluisdeuren in 2010.





Tabel 3 bevat de verhouding van de anodes over de linker en rechteroever in het Antwerpse havengebied.

Tabel 3: De verdeling van zink en aluminium anodes over linker- en rechteroever in 2010.

Hoeveelheid anodes (ton)	LO	RO	Totaal
aluminium anodes (MME 8A)	19%	81%	26,44
zink anodes (MME 215ZT)	19%	81%	406,86

Onderstaande tabel geeft de spreiding van de emissies over de verschillende sluisen.

Tabel 4: Het aandeel van de verschillende sluisen in de Al, Cd en Zn emissies van anodes op sluisen in 2010.

Zone	Aandeel (%)
Berendrechtsluis	29%
Zandvlietluis	27%
Kallosluis	19%
Boudewijnsluis	14%
Van Cauwelaertsluis	10%
Royerssluis	2%

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de werkwijze die in de publicatiereeks Emissieregistratie wordt aangehouden [4]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (CORE emission INventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

In tabel 5 is de betrouwbaarheid van de onderdelen van de berekening opgenomen.

De emissieverklarende variabele is gekwantificeerd door extrapolatie van de gekende hoeveelheid anodes op één sluis. Omwille van dit gering aantal basisgegevens kan een betrouwbaarheidsclassificatie C aangehouden worden voor de emissieverklarende variabele.

De emissiefactor is gebaseerd zijn op Nederlandse gegevens over de corrosie van anodes op sluisdeuren en een schatting van de standtijd. Op grond hiervan kan voor de emissiefactoren de classificatie C worden aangehouden.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten en de emissieroutes naar water zijn duidelijk geheel naar oppervlaktewater daar de anodes op de sluisdeuren in het water hangen. Voor deze onderdelen kan dus de categorie A gehanteerd worden. De regionalisatie van de emissies is betrouwbaar want de locatie van de verschillende sluisen is gekend. Dat resulteert in een betrouwbaarheidsclassificatie A.

Tabel 5: Betrouwbaarheid onderdelen emissieberekening.

onderdeel emissieberekening	betrouwbaarheidsclassificatie
Emissieverklarende variabele	C
Emissiefactor	C
Verdeling compartimenten	A
Emissieroutes naar water	A
Regionalisatie	A

Verbeterpunten:

- De EVV kan verbeterd worden indien voor iedere sluisdeur de aanwezige hoeveelheid anodes alsook het gewicht per anode en het type anode gekend is.
- De EF kan verbeterd worden tot een specifieke corrosiesnelheid voor de anodes op de sluisen in de haven van Antwerpen door de vervangfrequentie en het restgewicht van de anodes te registreren. Alternatief kan de EF verbeterd worden op basis van resultaten van corrosietesten voor de gebruikte types anodes en voor de omstandigheden van blootstelling in de Antwerpse haven.

9 Referenties

- [1] CIW/CUWVO werkgroep VI, februari 1997. Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen.
- [2] Nederlandse emissieregistratie. Factsheet zinkanode op sluisen. Versie 2011.
- [3] Hoornstra, J.S., oktober 1993. Paris convention for the prevention of marine pollution. Fourth meeting of the working group on diffuse sources. Solna 19-22 oktober 1993.

- [4] Most, P.F.J. van der et al., juli 1998. Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water. Publicatiereeks Emissieregistratie, nr. 44.

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Lekkage motorolie wegverkeer

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

Lekkage motorolie wegverkeer

1 Korte omschrijving van de emissiebron

Motorvoertuigen verbruiken een zekere hoeveelheid motorolie. Enerzijds is dit een gevolg van lekkage, anderzijds wordt ook motorolie in de cilinders verbrand. Lekkage van motorolie leidt tot een diffuse emissie van zware metalen en PAK's naar het milieu. In deze factsheet wordt verder ingegaan op deze emissies.

In deze factsheet wordt de wijze beschreven, waarop deze emissies als gevolg van lekkage worden berekend. Deze lekkage wordt in het Antwerpse havengebied beschouwd als een indirecte bron omdat de emissies via afspoeling van verharde oppervlakten (kaden) of via de regenwaterafvoer – riolering in het oppervlaktewater terecht komen. Deze regenwaterafvoer is niet aangesloten op RWZI's in het studiegebied.

Lekkage van motorolie wordt toegekend aan de activiteit wegverkeer.

2 Berekeningswijze van de emissies

De emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (E_s), hier de verkeersprestatie op de verschillende soorten wegen in het havengebied van Antwerpen in voertuigkilometers per jaar, met een emissiefactor (EF), uitgedrukt in mg motorolielekkage per km en een emissieprofiel voor de specifieke stoffen per mg verbruikte olie. Deze berekeningswijze is uitgebreid toegelicht in de Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen [1].

De emissies voor het wegverkeer en de havengebonden voertuigen worden berekend met de formule:

$$E_s = EVV * EF * component \quad (1)$$

Waarbij:

E _s	=	emissie van stof s (PAK en metalen) uit lekkage motorolie (kg stof s/jaar)
EVV	=	verkeersprestatie wegverkeer en havengebonden voertuigen (km/jaar)
EF	=	motorolielekkage per kilometer (mg/km)
component	=	gehalte stof in motorolie (mg/kg)

De emissies op de Roll on Roll off terreinen (RoRo terreinen) wordt berekend met dezelfde formule, waarbij de EVV wordt uitgedrukt als de standtijd in uren per jaar en de EF als de motorolielekkage in mg per uur.

De op deze wijze berekende emissie is de totale emissie naar, in principe, alle compartimenten (lucht, bodem, riool, water) door deze bron. Dit wordt de bruto emissie genoemd. Voor het Antwerpse havengebied worden alleen de emissies naar oppervlaktewater en het regenwaterriool in kaart gebracht. . De basis voor deze berekening vormt de Nederlandse factsheet [2].

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

De EVV is voor de bron motorolie opgedeeld in twee groepen: enerzijds is er de totale verkeersprestatie van de verschillende soorten voertuigtypen en anderszijds zijn er stilstaande voertuigen gestald op de kades (t.b.v. verschepping) die olie lekken.

Verkeersprestatie voertuigen

De gegevens over de verkeersprestatie worden beschreven in de factsheet bandenslijtage. Schattingen van de vervoersprestatie van het wegverkeer en van havengebonden werktuigen worden overgenomen uit de factsheet bandenslijtage, zowel voor het basisjaar 2010 als voor de prognosejaren 2015 en 2020. De gegevens over de gestalde voertuigen volgen verderop in deze sectie.

Tabel 1 geeft de totale verkeersprestatie per jaar.

Tabel 1: totale verkeersprestatie havengebied Antwerpen (km/jaar) voor 2010, 2015 en 2020.

Vervoersprestatie (km/jaar)					
voertuigcategorie	2010	hoog scenario		laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
<i>wegverkeer (doorgaande wegen)</i>					
Licht	250 699 103	329 260 483	346 736 774	283 413 709	283 644 679
Zwaar	89 333 520	117 327 895	123 555 354	100 990 965	101 073 268
<i>Concessieterreinen aan kades</i>					
havengebonden voertuigen	15 122 117	20 656 830	31 044 609	17 684 731	18 506 304

Onder de klasse licht vallen personenauto's, bestelauto's en lichte speciale voertuigen en tot zwaar worden vrachtauto's, autobussen, trekkers en zware speciale voertuigen gerekend.

Standtijd van gestalde (stilstaande) voertuigen (RoRo en stukgoed)

In de haven van Antwerpen worden voertuigen tijdelijk gestald alvorens te worden verscheept (of over de weg getransporteerd) naar andere locaties. Tijdens de opslag van de voertuigen kan er motorolie lekken uit de voertuigen. Als emissieverklarende variabele wordt hiervoor de standtijd gebruikt. Hoe de emissiefactor voor stilstaande voertuigen is afgeleid wordt in het hoofdstuk 'Emissiefactoren' uitgelegd. In tabel 2 staat de standtijd van de verschillende voertuigen. Dit is voor auto's berekend uit gegevens van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen [10], de overige voertuigen zijn geschat op een standtijd van 14 dagen; dit is een schatting op basis van expert judgement door Deltares. De verhouding nieuwe auto's en tweedehands auto's is eveneens afgeleid uit [10]. Het gaat hier om een gemiddelde standtijd voor tweedehands auto's. Voor de berekening is, daar waar mogelijk, de standtijd van de verschillende terreinen aangehouden. Indien deze standtijd niet gekend was, werd gebruikt gemaakt van de gemiddelde standtijd. De regionalisatie van deze emissies is hierdoor minder nauwkeurig. Het aantal standuren op jaarbasis, berekend op basis van de informatie uit tabel 2 is weergegeven in tabel 3. In tabel 3 staan tevens de prognoses vermeld. Hierbij is uitgegaan van de prognoses voor de zeevaart. Voor nadere toelichting wordt verwezen naar de factsheet voor de bandenslijtage.

Tabel 2: Aantallen en standtijden van voertuigen tijdens opslag op kades in de Antwerpse haven in 2010.

Voertuig	Aantal doorgezette voertuigen per jaar	Standtijd (dagen/jaar)	Standtijd (uren/jaar)
Auto's, nieuw	350 481	1,5	36
Auto's, tweedehands	297 244	4	96
Overige voertuigen (trailers, autobussen, tractors, legermateriaal, bulldozers en overig rollend materieel)	189 055	14	336

Tabel 3: 10^e standuren van tweedehands en overige voertuigen tijdens opslag op kades in de Antwerpse haven voor 2010, 2015 en 2020.

	2010	hoog scenario		laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
RoRo en stukgoed terreinen	92	125	188	107	112

4 Emissiefactoren

Emissiefactoren van wegverkeer en havengebonden werktuigen

In de Nederlandse factsheet lekkage motorolie wordt een emissiefactor voor lekkage van motorolie aangehouden van 7,8 mg/km [2]. Deze EF is een gemiddelde van alle voertuigtypes en leeftijden en wordt in de Nederlandse Emissieregistratie gebruikt. Aangezien er geen recentere informatie in de literatuur terug te vinden is wordt deze factor ook toegepast voor het verkeer in het Antwerpse havengebied.

Op basis van deze emissiefactor en de totale hoeveelheid kilometers per jaar wordt een totale lekkage van motorolie in het havengebied van Antwerpen vastgesteld.

PAK en zware metalen in motorolie

De samenstelling van motorolie staat in tabel 4 weergegeven [4]. In de schatting gebaseerd op gegevens uit de Nederlandse factsheet zijn de gehalten PAK's voor acenaftheen, acenaftyleen, dibenzo(a,h)anthraceen, fluoreen en pyreen niet bekend en geschat volgens profielen uit [4] en [5].

Naast de PAK-gehalten in motorolie die zijn bepaald in de factsheet worden de gegevens uit een tweetal meer recente literatuurbronnen weergegeven.

Tabel 4: Gehaltes PAK's in motorolie [mg/kg].

PAK component	Schatting uit NL factsheet		Nieuwe literatuurbronnen		
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Bron	[4]	[5]	[6] (gebruikte en ongebruikte olie)	[7] (gebruikte olie)	Gemiddeld over [6] en [7]
acenaftheen		200	6,9	3,7	5,3
acenaftyleen		100	6,0	1,5	3,8
anthraceen	130		18,4	22	20,2
benzo(a)anthraceen	175		15,4	38	26,7
benzo(a)pyreen	180		8,9	15	12,0
benzo(b)fluorantheen	100		12,5	15,3*	13,9
benzo(ghi)peryleen	220		23,2	72	47,6
benzo(k)fluorantheen	100			15,3*	15,3
chryseen	180			45	45,0
dibenzo(ah)anthraceen		100	0,2	1,5	0,9
fenanthreen	1 000		70,1	200	135,1
fluorantheen	200		23,7	55	39,4
fluoreen		100	18,7	67	42,9
indeno(123-cd)pyreen	65		2,1	14	8,1
naftaleen	6 000		388,0	52	220,0
pyreen		200	56,9	120	88,5
<i>Totaal EPA-PAK</i>		9 050	650 (zonder benzo(k)fluoranth een en chryseen)	740	724

* In deze literatuurbron is het gehalte aan alle benzofluoranthenen gesommeerd. Aangenomen wordt hier dat benzo(b)fluorantheen, benzo(j)fluorantheen en benzo(k)fluorantheen een evenredig deel van het totaal uitmaken.

Wat opvalt in de vergelijking tussen de oorspronkelijke PAK-gehalten en de PAK-gehalten uit Fujita (2006) [6] en Irwin (1997) [7] is dat de PAK componenten in motorolie gemiddeld ca. 80%

lager zijn. Een verschil hiervoor is lastig te vinden; wellicht dat een deel terug te voeren is op het meer gebruiken van synthetische olie die van nature minder PAK's en zware metalen bevat. Daarnaast zijn er uiteraard verbeteringen in motortechnologie doorgevoerd waardoor gebruikte olieën minder PAK's zullen bevatten. De totale EPA-PAK waarden volgend uit de gegevens van [6] en [7] vertonen goede overeenkomst: 650 mg/kg tegenover 740 mg/kg, waarbij wordt opgemerkt dat in de analyse [6] benzo(k)fluorantheen en chryseen *niet* zijn meegenomen en dus ook niet in het totaal zijn opgenomen. Er wordt gerekend met de gemiddelde PAK-gehalten uit [6] en [7].

Motorolielekkage is naast een bron van PAK's ook een bron van zware metalen. In de Nederlandse factsheet [2] zijn emissiefactoren van zware metalen bepaald. Deze worden in Tabel 5 opgesomd.

Tabel 5: Gehaltes van zware metalen in (gebruikte) motorolie [2].

Metaal	Factsheet NL
	mg/kg
cadmium	1,3
koper	33,8
chroom	7,7
nikkel	3,3
zink	825
arseen	8,1
lood	148

De metaalgehalten in motorolie zoals gepresenteerd in [6] en [7] wijken niet veel af van de metaalgehalten in bovenstaande tabel (uit de Nederlandse factsheet, [2]).

Er is verder géén literatuur gevonden waarmee de lijst van metalen uit Tabel 4 qua concentratie in motorolie kan worden bijgewerkt. De emissiefactoren voor de zware metalen uit de Nederlandse factsheet worden derhalve overgenomen en gebruikt in onderhavige studie voor alle voertuigen

Minerale olie in motorolie

Motorolie is een smeerolie voor motoren en bestaat voor 75-80% uit minerale olie volgens een leverancier van smeermiddelen [11]. Voor de berekening van de EF voor minerale olie wordt de EF voor lekkage motorolie vermenigvuldigd met 80%. De EF voor motorolie komt daarmee op 6,24 mg/kg.

Emissiefactoren van voertuigen tijdens opslag op de kades (RoRo)

Om een emissiefactor te verkrijgen voor stilstaande voertuigen – de gehanteerde emissiefactor gaat uit van gereden kilometers – is de emissie van motorolie afkomstig van het wegverkeer opgezocht in de database van de Nederlandse Emissieregistratie. Deze database bevat voor het gehele Nederlandse voertuigenpark de emissies van gelekte motorolie per jaar. Daarnaast is het aantal auto's bekend. Om een emissiefactor per uur te verkrijgen is de totale jaarlijkse emissie gedeeld door het aantal auto's en vervolgens gedeeld door het aantal uren per jaar (365 dagen x 24 uur). In Tabel 6 wordt per voertuig getoond wat de resulterende emissiefactor is.

Tabel 6: Emissiefactoren van motorolie van stilstaande voertuigen.

Voertuig	Emissiefactor motorolie (mg/uur)
Auto's, nieuw	0
Auto's, tweedehands	12
Vrachtwagens	12
Trailers	12
Autobussen	12
Tractors	12
Legermateriaal	12
Overig rollend materieel	12
Bulldozers	12

Aangenomen wordt dat nieuwe auto's géén lekkage vertonen en dat alle lekkage wordt veroorzaakt door gebruikte (tweedehandse voertuigen) tijdens opslag. Tweedehands auto's lekken, berekend uit gegevens van de Nederlandse Emissieregistratie, 12 mg/uur. Van speciale voertuigen, zoals havengebonden voertuigen, is niet bekend of en zo ja hoeveel motorolielekkage ze vertonen. In de emissieberekening is de emissiefactor van 12 mg/uur aangehouden voor elk voertuig.

De emissiefactoren van PAK's, zware metalen en minerale olie volgen in tabel 7. Voor minerale olie is wederom uitgegaan dat 80% van de motorolie bestaat uit minerale olie [11]. In tabel 7 wordt, evenals in de andere factsheets van de activiteit wegverkeer, aangenomen dat het verkeer zich gedraagt zoals het verkeer in bebouwd gebied, - verhard en gerioleerd oppervlak -. Er wordt meer geaccelereerd en geremd dan buiten bebouwd gebied, landelijke wegen en snelwegen. Ook zijn er meer bochten, is het weglandschap dynamischer en de relatieve verschillen in snelheid groter. Voor de emissiefactoren worden de factoren voor het bebouwde gebied aangehouden.

Tabel 7: Emissiefactoren [$g/10^6$ km.jaar] olielekkage.

	Categorieën licht,zwaar en havengebonden voertuigen 2010, 2015 en 2010
minerale olie	9 600
<i>PAK's</i>	
acenaftheen	0,03
acenaftyleen	0,01
antraceen	0,17
benzo[a]antraceen	0,30
benzo[a]pyreen	0,12
benzo[b]fluorantheen	0,12
benzo[g,h,i]peryleen	0,56
benzo[k]fluorantheen	0,12
chryseen	0,35
dibenzo[a,h]antraceen	0,01
fenanthreen	1,56
fluoreen	0,52
fluorantheen	0,43
indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,11
naftaleen	0,41
pyreen	0,94
<i>zware metalen</i>	
cadmium	0,01
koper	0,26
chrom	0,06
nikkel	0,03
zink	6,44
arseen	0,06
lood	1,15

5 Geografische lokaties

Wegverkeer

Voor de inschatting van het aantal gereden kilometers door lichte en zware voertuigen op de wegen van het havengebied is een methode uitgewerkt die maximaal gebruik maakt van de drie ruimtelijke databronnen die hiervoor beschikbaar zijn:

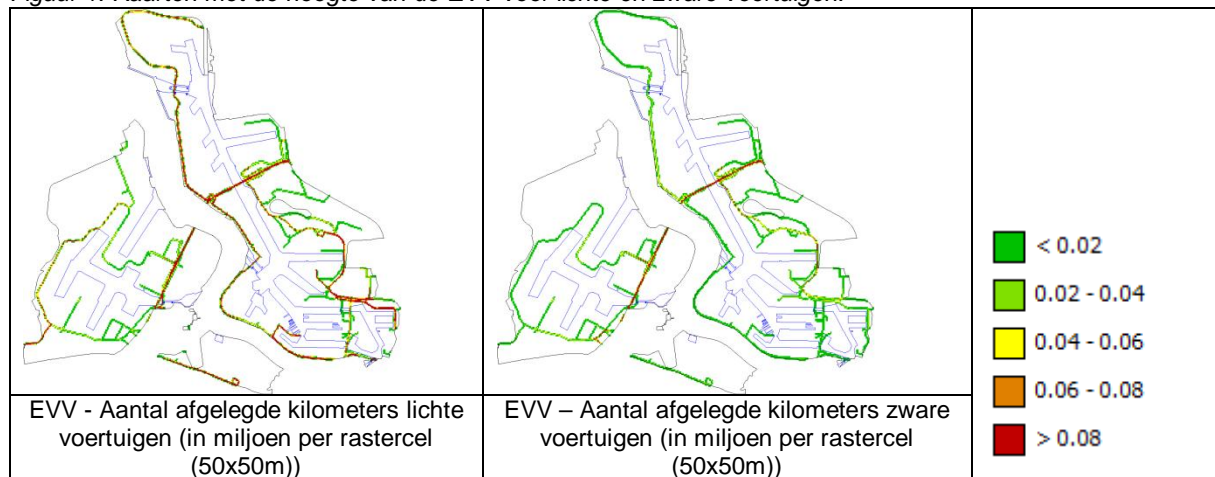
- Wegsegmenten.shp (GIS aanlevering 1/12/2011): aantal lichte en zware voertuigen per uur voor dag, nacht en avondperiode. Voor het studiegebied waren slechts intensiteiten gekend voor de belangrijkste wegen (57km).

- Modelondersteuning LEZ Havengebied Antwerpen (mei 2011): aandeel havengebonden en doorgaand verkeer personenwagens en vrachtwagens avondspits 17-18u voor 191 km aan lijnsegmenten.
- Export VISUM (GIS aanlevering 11/04/2012) [12]: voor ochtendspits (8-9u) en avondspits (17-18u) aantal personenwagens en aantal vrachtwagens voor 178km aan lijnsegmenten.

Er wordt uitgegaan van de meest recente studie, namelijk van de lijnsegmenten met verkeersgegevens zoals gedefinieerd in de VISUM-studie. De twee andere studies worden gebruikt om een extrapolatie te doen naar de overige perioden van de dag. Hierbij wordt rekening gehouden met het onderscheid tussen wegen die voornamelijk havengebonden verkeer bevatten en wegen met vooral doorgaand verkeer.

De extrapolatie-oefening resulteert in een totaal aantal jaarlijks gereden kilometers van 250.699.103 voor de lichte voertuigen en 89.333.520 voor zware voertuigen. De aantallen zijn ook gekend per VISUM lijnsegment en zullen bijgevolg gespreid worden over alle gridcellen die aan deze lijnsegmenten grenzen. Voor een gedetailleerde beschrijving van de verwerking van deze gegevensbronnen wordt verwezen naar bijlage 1.

Figuur 1: Kaarten met de hoogte van de EVV voor lichte en zware voertuigen.



Regionalisatie van havengebonden voertuigen

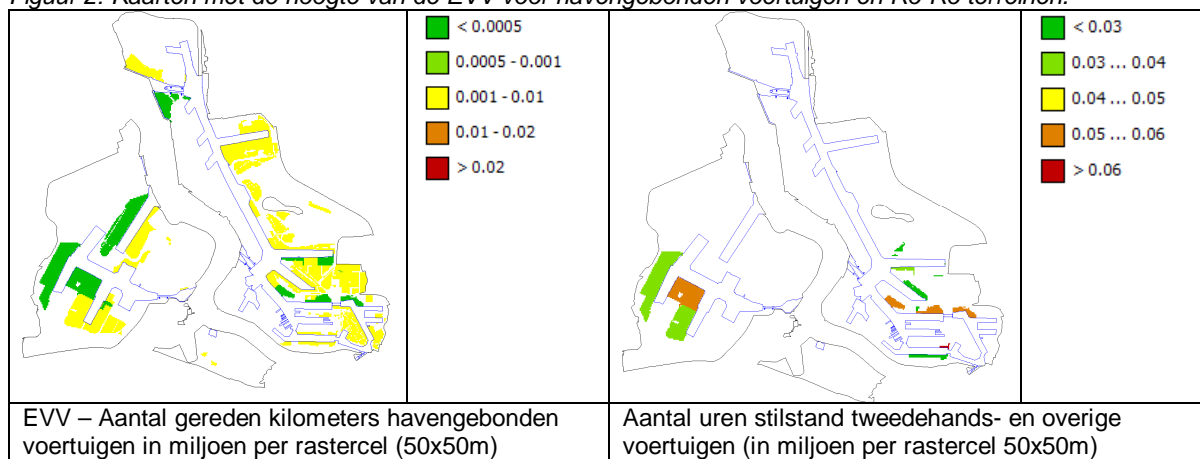
Havengebonden voertuigen verplaatsen zich alleen op de kades. Vooral om schepen te laden en te lossen. Een deel van de activiteit zal ook het vervoeren van de lading naar vrachtverkeer inhouden. Voor de emissieschattingen zijn niet alleen de smalle stroken langs het dok meegenomen, zie figuur 2. De emissie worden gespreid over het gehele geselecteerde terrein.

Een uitgebreide toelichting op de regionalisering van de berekening en verdeling van de emissies door de havengebonden voertuigen is opgenomen in de factsheet bandenslijtage, paragraaf 3. Figuur 2 geeft de verdeling van de EVV voor de havengebonden voertuigen. Het aantal gereden kilometers door havengebonden voertuigen wordt ingeschat op 15,1 miljoen.

Op- en overslag van voertuigen op terminals in de haven (Ro-Ro en stukgoed terreinen)

Door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen is aangeleverd op welke haventerminals op- en overslag van voertuigen plaatsvindt. Aangezien bekend is wat de geografische ligging is van de terminals biedt dit een goede proxy om de emissies ruimtelijk te verdelen. Het aantal uren stilstand door tweedehandsvoertuigen en overige voertuigen wordt ingeschat op 91,68 miljoen. In figuur 2 staat de verdeling van de EVV voor de Ro-Ro en stukgoed terreinen weergegeven.

Figuur 2: Kaarten met de hoogte van de EVV voor havengebonden voertuigen en Ro-Ro terreinen.



6 Emissieroutes en bruto-netto-emissie

Emissieroutes

De wegen in het Antwerpse havengebied zijn allen aangesloten op het regenwaterriool. Vermoed wordt dat alles wat afspoelt van het wegdek ook effectief in het regenwaterriool terecht komt en zo uiteindelijk in het oppervlaktewater [9]. Er is een ruimtelijke analyse uitgevoerd op de geografische data die over de afvoer bij het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen aanwezig zijn om zo goed mogelijk in kaart te brengen waar de emissies in het oppervlaktewater (dokken of Schelde) terechtkomen. Zo werden er 210 lozingspunten gedefinieerd met telkens een achterliggend aanvoergebied. Voor de beschrijving van deze ruimtelijke analyse wordt verwezen naar het rapport.

Havengebonden werktuigen en RoRo zijn actief op verharde terreinen langs de kades. Deze terreinen hebben een afwateringssysteem dat rechtstreeks afwatert naar de dokken. In deze studie wordt alleen rekening gehouden met de verharde concessieterreinen [9]. Gegevens over de riolering van de concessieterreinen aan de kades ontbreken. In overleg met het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen wordt aangenomen dat alle emissies (havengebonden werktuigen en opslag voertuigen voor RoRo) afspoelen naar het oppervlaktewater [9].

Tabel 8: Verdelingspercentages voor wegdekslijtage naar compartimenten [%].

wegdektype	Afspoeling naar oppervlaktewater	Regenwaterriool
wegverkeer	0	100
Concessieterreinen aan kades	100	0

Polluëntvorm

De emissies op oppervlaktewater van de geëmitteerde stoffen zullen het oppervlaktewater bereiken in gebonden vorm. De lekkage van motorolie vindt in de vloeibare fase plaats. Tijdens de route naar oppervlaktewater zullen de stoffen zich hechten aan stof/bindingsmateriaal wat via het regenwaterriool of afspoeling van de kades richting oppervlaktewater wordt. PAK zijn stoffen die zich in het watermilieu bij voorkeur hechten aan de beschikbare vaste fase (sediment). Zware metalen zijn redelijk oplosbaar maar zullen ook sorberen/gesorbeerd blijven op sedimentpartikels.

Bruto emissies

In tabel 9 zijn de bruto emissies opgenomen in kilogram per jaar, die voortkomen uit de hoeveelheden gelekte motorolie, de samenstelling van motorolie en de verdeling over de compartimenten. De verdeling per compartiment wordt in tabel 7 getoond. De totale emissie is opgebouwd uit de emissies van het wegverkeer, de emissies van de havengebonden voertuigen

en de op- en overslag van voertuigen in het Antwerps havengebied. In de prognoses is alleen rekening gehouden met de toename van de verkeersprestaties.

Tabel 9: Bruto emissie lekkage motorolie [kg/jaar] in 2010, 2015 en 2020.

stofnaam	totalen (kg/jaar)				
	hoog scenario			laag scenario	
	2010	2015	2020	2015	2020
minerale olie	3 096	4 118	4 935	3 538	3 593
<i>PAK's</i>					
acenaftheen	0,014	0,019	0,023	0,016	0,017
acenaftyleen	0,006	0,008	0,009	0,007	0,007
anthraceen	0,085	0,113	0,135	0,097	0,098
benzo(a)anthraceen	0,146	0,195	0,233	0,167	0,170
benzo(a)pyreen	0,058	0,077	0,092	0,066	0,067
benzo(b)fluorantheen	0,059	0,078	0,094	0,067	0,068
benzo(ghi)peryleen	0,277	0,369	0,442	0,317	0,322
benzo(k)fluorantheen	0,059	0,078	0,094	0,067	0,068
chryseen	0,173	0,231	0,276	0,198	0,201
dibenzo(ah)anthraceen	0,006	0,008	0,009	0,007	0,007
fenanthreen	0,771	1,025	1,227	0,881	0,894
fluoreen	0,258	0,343	0,411	0,295	0,300
fluorantheen	0,212	0,282	0,337	0,242	0,246
indeno(123-cd)pyreen	0,054	0,072	0,086	0,062	0,063
naftaleen	0,200	0,266	0,319	0,229	0,232
pyreen	0,462	0,615	0,736	0,528	0,537
PAK16	2,841	3,778	4,523	3,246	3,296
<i>zwarte metalen</i>					
cadmium	0,005	0,007	0,008	0,006	0,006
koper	0,130	0,173	0,207	0,149	0,151
chromium	0,030	0,039	0,047	0,028	0,034
nikkel	0,013	0,017	0,020	0,015	0,015
zink	3,179	4,228	5,061	3,633	3,688
arseen	0,031	0,042	0,050	0,036	0,036
lood	0,570	0,758	0,908	0,652	0,662

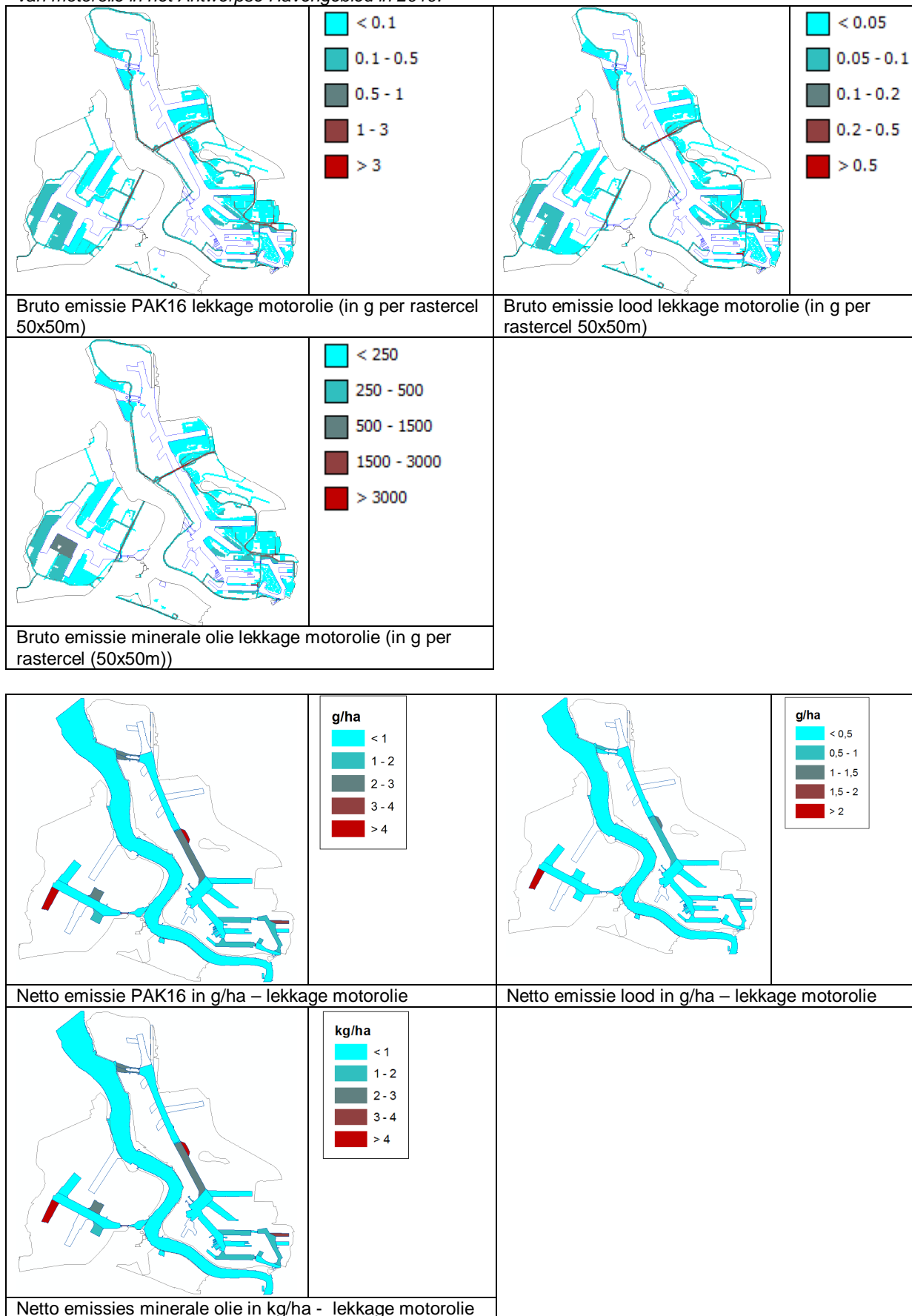
Netto emissies

De netto emissie is wat de hoeveelheid betreft gelijk aan de bruto emissie en staat in tabel 8 weergegeven. Het ruimtelijk verschil tussen bruto en netto emissie wordt aangetoond in paragraaf 8

7 Koppeling aan GIS-data en kwantificering

Figuur 3 bevat de emissies (de bruto emissies en de netto emissies) weergegeven in het Antwerpse Havengebied.

Figuur 3: Kaarten met de hoogte van de bruto en netto emissies van PAK16, lood en minerale olie door lekkage van motorolie in het Antwerpse Havengebied in 2010.



De verdeling van de emissiebronnen over de linkeroever (LO) en de rechteroever (RO) staat weergegeven in tabel 10.

Tabel 10: Verdeling EVV over het Antwerps Havengebied in 2010.

EVV	LO	RO	totaal
Lichte voertuigen (10 ⁶ km)	24%	76%	251
Zware voertuigen (10 ⁶ km)	36%	64%	89
Havengebonden voertuigen (10 ⁶ km)	26%	74%	15
Stilstaande voertuigen ((10 ⁶ uur)	70%	30%	92

In tabel 11 is de verdeling van de bruto en netto emissies weergegeven over de linkeroever (LO), rechteroever (RO) en het buitengebied. Een deel van de bruto-emissies worden afgevoerd naar de Schelde. Dit Schelde maakt geen deel uit van het studiegebied en wordt bijgevolg als buitengebied gedefinieerd.

Tabel 11: Verdeling emissies van de verschillende stoffen over het Antwerps Havengebied in 2010.

	bruto emissies (kg)			netto emissies (kg)			
	LO	RO	Totaal	LO	RO	buiten	Totaal
<i>Aandeel</i>	39%	61%		34%	44%	22%	
arseen	0,012	0,019	0,031	0,011	0,014	0,007	0,031
cadmium	0,002	0,003	0,005	0,002	0,002	0,001	0,005
chrom	0,012	0,018	0,030	0,010	0,013	0,006	0,030
koper	0,051	0,079	0,130	0,045	0,057	0,028	0,130
nikkel	0,005	0,008	0,013	0,004	0,006	0,003	0,013
lood	0,224	0,347	0,570	0,196	0,250	0,124	0,570
zink	1,247	1,932	3,179	1,094	1,392	0,693	3,179
PAK16	1,114	1,727	2,842	0,978	1,244	0,620	2,842
minerale olie	1 218	1 878	3 096	1 070	1 354	672	3 096

Tabel 12 bevat het relatieve belang van de netto emissies over de verschillende dokzones en de schelde.

Tabel 12: Relatief belang van de netto-emissies over de verschillende dokzones en de Schelde in 2010.

Zone	Aandeel netto-emissies
Verrebroekdok	23%
Schelde	22%
Kanaaldok B1	13%
Kanaaldok B2	4%
Alberdok	4%
Duwaart Schuiddok	4%
Waaslandkanaal	3%
Noordelijk insteedok	3%
5e Havendok	3%
Doeldok	2%
3e Havendok	2%
Leopolddok	2%
Churchilldok	2%
6e Havendok	2%
Zuidelijk insteedok	2%
Zandvlietsluis	2%
Hansadok	1%
Berendrechtssluis	1%
Amerikadok	1%
Toegangsgemaal KAS	1%
Kallosluis	1%
2e Havendok	0%
Noordkasteeldok	0%

Zone	Aandeel netto-emissies
Albertkanaal	0%
Industriedok	0%
4e Havendok	0%
Noordkasteelbrug	0%
Boudewijnsluis	0%
Verbindingsgeul LED-ALD	0%

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt aangesloten bij de werkwijze, die gebaseerd is op de methodiek van CORINAIR (CORE emission INventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

De emissieverklarende variabele (verkeersprestatie per wegtype) van het wegverkeer is geschat aan de hand van onzekere gegevens, deze heeft classificatie C. Daarentegen is de EVV van havengebonden werktuigen gebaseerd op gegevens die vrij goed bekend zijn. Daarom krijgt deze de classificatie B. De berekening van de emissiefactoren bevat veel onzekerheden en valt in de categorie E.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten krijgt een D en de emissieroutes naar water krijgt een C in deze factsheet beide. Er wordt nu van uit gegaan dat het wegwater 100% afspoelt naar het regenwaterriool en de consessieterreinen 100% afspoelingen naar het oppervlaktewater. In werkelijkheid zal er ook een deel achterblijven in het slib van het regenwaterriool, op het verharde oppervlak of afspoelen naar de bodem.

De regionalisatie van de emissies is gebaseerd op de verkeersintensiteit op de wegen. Deze zaken zijn vrij goed te meten en krijgen klasse B. De betrouwbaarheid van de gegevens betreffende de terreinen in de haven van Antwerpen waar op- en overslag plaatsvindt (verkeersprestatie havengebonden voertuigen en regionalisatie) is redelijk bekend. De verkeersprestatie van havengebonden voertuigen is berekend aan de hand van een recentelijke inventarisatie en krijgt de classificatie B. De regionalisatie is gebaseerd op kaarten van de terminals waarop op- en overslag plaatsvindt, gecombineerd met activeitsdata (aangeleverd door het GHA) die de situatie goed representeren. Daarom wordt classificatie A aan de regionalisatie van op- en overslagterreinen toegekend.

Tabel 13: Betrouwbaarheid onderdelen emissieberekening.

onderdeel emissieberekening	betrouwbaarheidsclassificatie
Emissieverklarende variabele wegverkeer	C
Emissiefactor	E
Verdeling compartimenten	D
Emissieroutes naar water	C
Regionalisatie wegverkeer	B
Emissieverklarende variabele havengebonden voertuigen	B
Regionalisatie op- en overslagterreinen	A

Verbeterpunten:

- De emissiefactor voor de lekkage van motorolie.
- In de Antwerpse haven rijdt relatief veel zwaar verkeer rond. Er is op dit moment maar één emissiefactor beschikbaar voor de lekkage voor motorolie. Wellicht is het beter om deze factor op te splitsen naar zwaar en licht wegverkeer.
- De standtijd op de RoRo terreinen is een schatting, gebaseerd op een aantal meetgegevens geleverd door GHA. Met een uitgebreidere dataset kunnen er betere schattingen worden gemaakt.
- In deze factsheet is de aanname gedaan dat nieuwe auto's geen motorolie lekken. Metingen zouden deze aanname kunnen bevestigen.
- Bij de standtijden is voor een flink aantal terreinen de standtijd per RoRo en stukgoed terrein aangehouden. Voor terreinen waar dit niet bekend was is de gemiddelde standtijd gebruikt. Het beter in beeld brengen van de standtijden voor alle RoRo en stukgoed terreinen kan de regionalisatie nog verder verbeteren.
- Aangenomen wordt dat 100% van de emissie via het regenwaterriool terecht komt in het oppervlaktewater en 100% van de kades van concessie terreinen aan kades afspoelt naar het oppervlaktewater. In werkelijkheid zal er ook een deel achterblijven in het slib van het regenwaterriool, op het verharde oppervlak of afspoelen naar de bodem.

9 Referenties

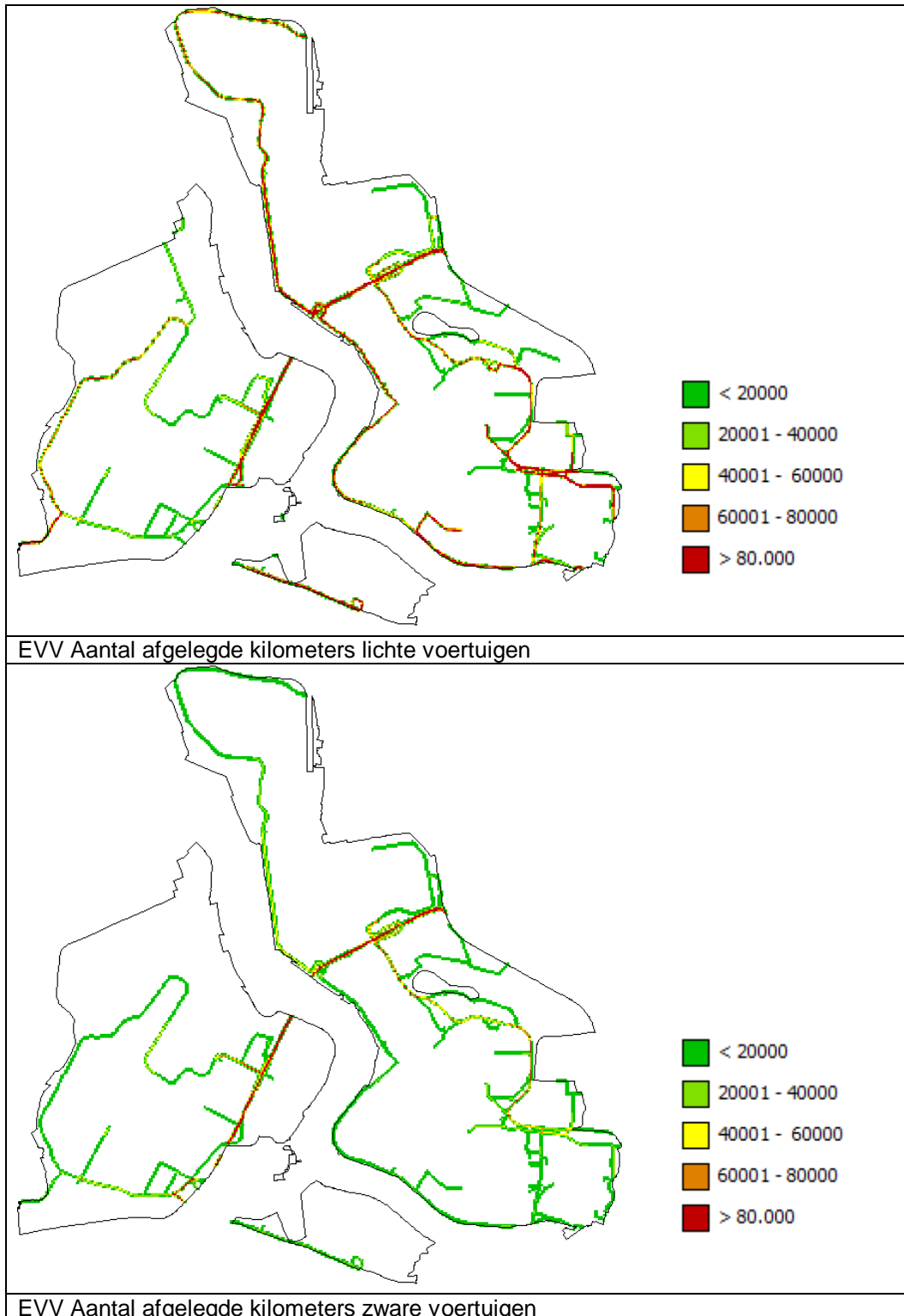
- [1] CIW/CUWVO werkgroep VI, februari 1997. Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen.
- [2] Rijkswaterstaat Waterdienst, Deltares, TNO. Emissieschattingen Diffuse bronnen, Factsheet Lekkage motorolie, EmissieRegistratie 2011.
- [3] Feenstra, J.F., P.J.F. van der Most, 1985. Diffuse bronnen van waterverontreiniging, IVM rapport E85/15, Instituut voor Milieuvraagstukken, Amsterdam.
- [4] Taakgroep Verkeer en Vervoer van het project Emissieregistratie, Methoden voor de berekening van de emissies door mobiele bronnen in Nederland, CBS, MNP, RIZA, TNO, AVV, november 2006. <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/natuur-milieu/methoden/dataverzameling/overige-dataverzameling/2006-methoden-emissies-mobiele-bronnen-nederland-pub.htm>.
- [5] VITO, 2005. Evaluatie van de blootstelling aan PAK's- inventarisatiestudie. Deel 1: voorstel gidsstoffen en inventarisatie emissie, immissie en omzettingsreacties. C. Cornelis et. al. Studie uitgevoerd in opdracht van Aminal. 2005/IMS/R Februari, 2005.
- [6] Fujita, E.; Campbell, D.; Zielinska, B. – Desert Research Institute, 2006 - Chemical Analysis of Lubrication Oil Samples from a Study to Characterize Exhaust Emissions from Light-Duty Gasoline Vehicles in the Kansas City Metropolitan Area.
- [7] Irwin, R. – Oil, used motor oil entry – Environmental Contaminants Encyclopedia; 1997.
- [8] http://europa.eu.int/comm/environment/index_en.htm
- [9] Tussentijds overleg met GHA, Deltares en VITO, 7 december 2011.
- [10] Gegevens RoRo – trafiek, aangeleverd door GHA op 20 februari 2012. Deze gegevens worden jaarlijks verzameld door het GHA obv cijfers aangeleverd door de bedrijven in het havengebied die actief zijn in RoRo. De gegevens over de verdeling nieuw/tweedehandsvoertuigen werden enkel verzameld in 2009..

- [11] Bron: email met Wilbert Snijers, KLT bv te Heijningen, leverancier smeervetten, 23-07-2012
- [12] TRITEL (in opdracht van GHA), Mobiliteitsstudie Haven Antwerpen, 2011. Mobiliteitsstudie, bijhorende Excel database en geografisch toedelingsmodel.

Bijlage 1

EVV kaarten “Aantal gereden kilometers lichte voertuigen” en “Aantal gereden kilometers zware voertuigen”

Voor het perceel Wegverkeer wordt hieronder beschreven hoe onderstaande EVV kaarten “Aantal gereden kilometers lichte voertuigen” en “Aantal gereden kilometers zware voertuigen” tot stand zijn gekomen.



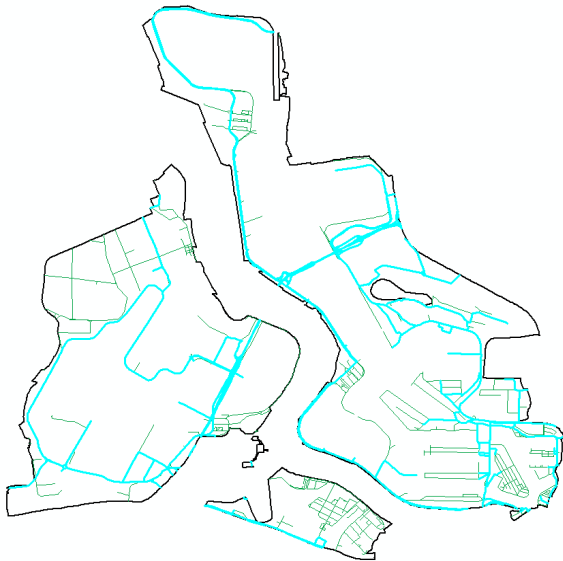
Voor het havengebied zijn drie verschillende studies beschikbaar met verkeerstellingen. Deze drie databronnen brachten elk verschillende aspecten aan, zodat ze gecombineerd werden om een zo'n goed mogelijke inschatting te maken van het aantal gereden kilometers over de wegen van het studiegebied. Om maximaal af te stemmen met de beschikbare emissiefactoren wordt een onderscheid gemaakt tussen lichte (personenwagens) en zware voertuigen (vrachtwagens).

Het gaat om de volgende drie studies:

- Wegsegmenten.shp (GIS aanlevering 1/12/2011): aantal lichte en zware voertuigen per uur voor dag, nacht en avondperiode. Voor het studiegebied waren slechts intensiteiten gekend voor de belangrijkste wegen met voornamelijk doorgaand verkeer. In totaal gaat het om 57km aan lijnsegmenten met verkeersgegevens.
- Modelondersteuning LEZ Havengebied Antwerpen (mei 2011): aandeel havengebonden en doorgaand verkeer personenwagens en vrachtwagens avondspits 17-18u. Dit bestand is veel meer gebiedsdekkend (191 km), maar geeft enkel voor de avondspits de intensiteit weer.
- Export VISUM: voor ochtendspits (8-9u) en avondspits (17-18u) aantal personenwagens en aantal vrachtwagens voor 178km aan lijnsegmenten.

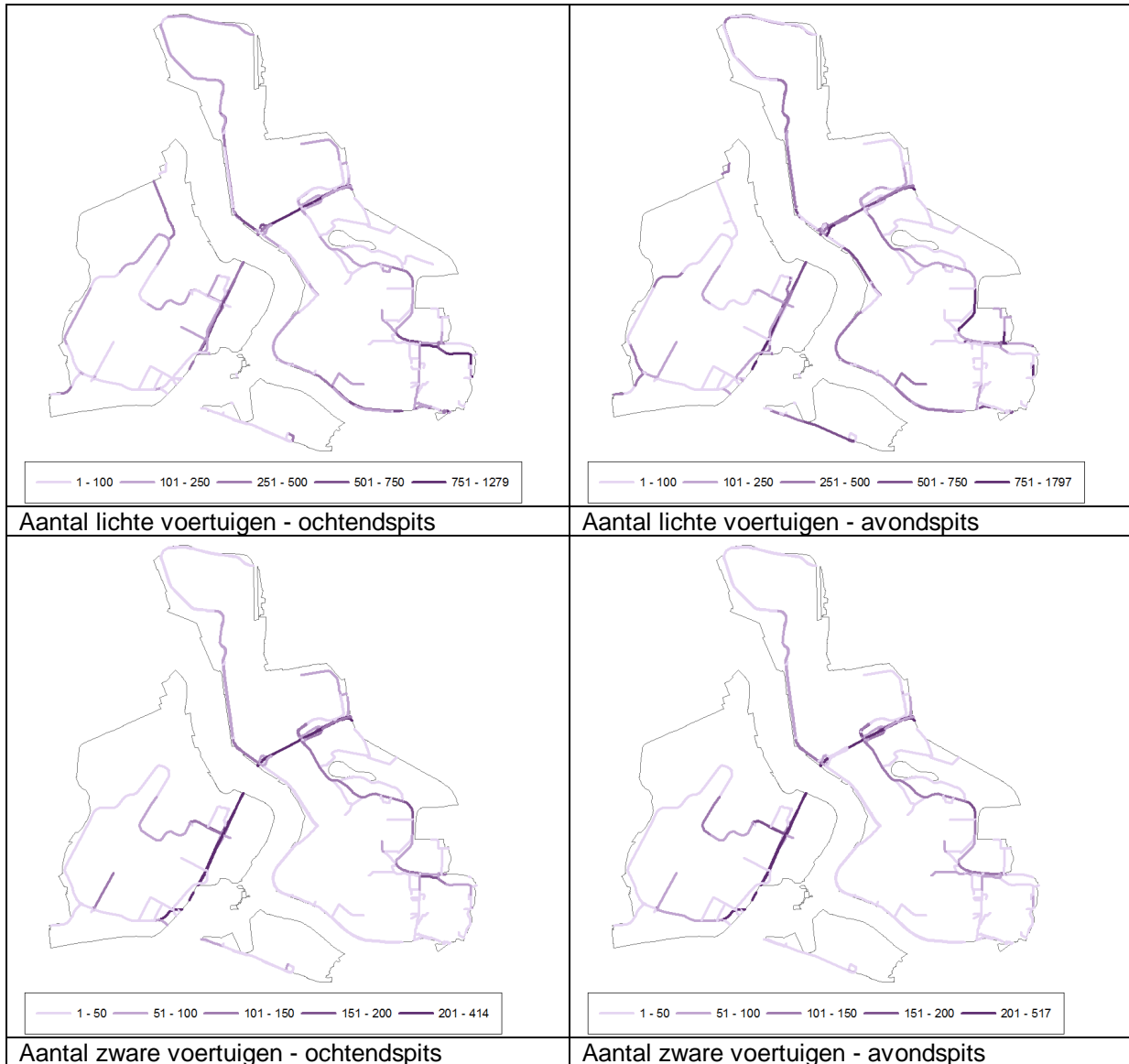
Dit laatste bestand levert de basis waar fracties afgeleid uit de andere studies aan werden gekoppeld om zo goed mogelijk te extrapoleren. Er werd voor dit vertrekbestand gekozen omdat het de meest recente verkeersgegevens bevat met een goede bedekkingsgraad voor het havengebied.

Het basisbestand



Bovenstaande figuur situeert alle lijnsegmenten die in de VISUM studie aan bod kwamen, waarbij de in cyaan gemarkeerde segmenten diegene zijn die minstens 1 telling bevatten (aantal voertuigen groter dan nul). Meestal zijn vier voertuigaantallen beschikbaar: het aantal personenwagens en vrachtwagens in de ochtendspits (8-9u) en de avondspits (17-18u). Vaak gaat het om twee segmenten vlak boven mekaar die verwijzen naar de twee rijrichtingen. Deze twee segmenten werden geaggregeerd tot één en het aantal voertuigen werd opgeteld. Dit resulteert in 594 lijnsegmenten (met unieke verkeersgegevens aan gekoppeld) die in totaal een afstand van 178 km overbruggen.

Het aantal kilometers op jaarbasis, afgelegd tijdens de twee gemeten spitsuren (ochtend en avond), bedraagt 36.491.823 voor lichte voertuigen en 12.844.749 voor zware voertuigen. Onderstaande figuren tonen de trends per VISUM segment, met onderscheid tussen ochtendspits en avondspits en tussen lichte en zware voertuigen.



Extrapolatie

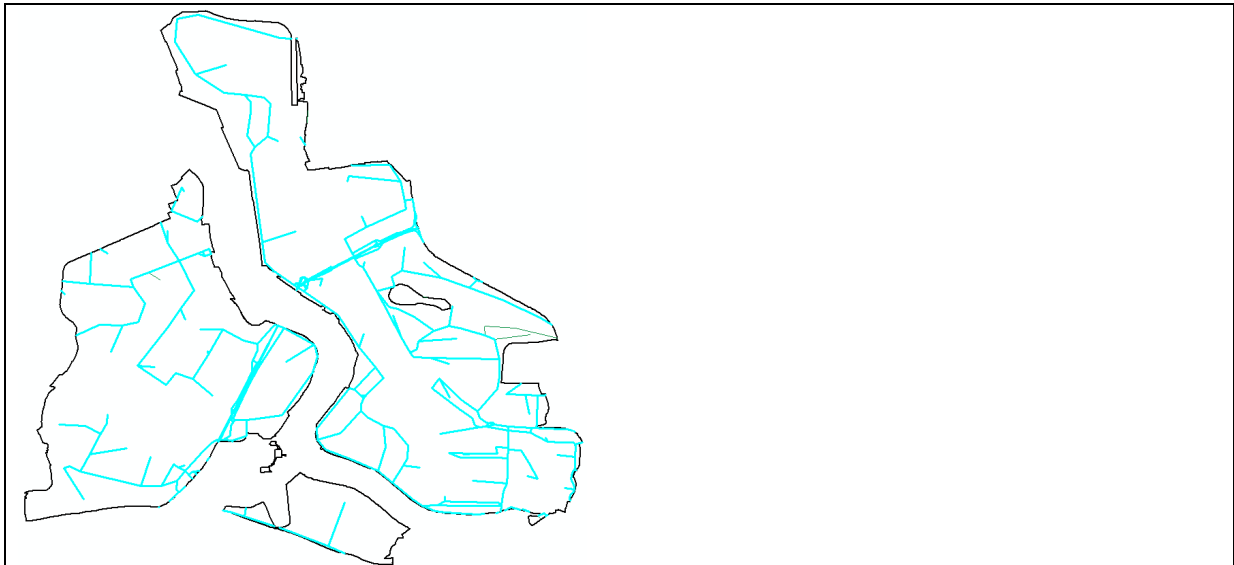
In dit onderdeel wordt beschreven hoe een inschatting wordt gemaakt over de verhouding van de spitsuurintensiteiten tov het verkeer van een ganse dag. De extrapolatie verliep in drie stappen. Ten eerste werd onderzocht welke wegsegmenten voornamelijk een havengebonden verkeer hadden en welke eerder doorgaand verkeer. Hiervoor werden de resultaten van de studie "Modelondersteuning LEZ" gebruikt.

Deze informatie werd in de tweede stap gebruikt om afhankelijk van het type verkeer een andere extrapolatie toe te passen voor de overige uren binnen een dagfase (7-19u) en tenslotte werd de eerste studie gebruikt om ook een inschatting te maken van de intensiteiten voor de avond- en de nachtperiode.

A) Resultaten Modelondersteuning LEZ

Bijgevoegde figuur beschrijft de lijnsegmenten die voor het jaar 2007 beschikbaar waren. In cyaan gemarkeerd zijn de lijnsegmenten met verkeersgegevens. Het gaat in totaal om 191 km. Uit dit bestand kan voor elk lijnsegment de fractie havengebonden verkeer voor personenwagens en vrachtwagens afgeleid worden, van toepassing op de avondspits 17-18u. Aangezien op basis van dit lijnenbestand een ruimtelijke koppeling zal plaatsvinden met het VISUM bestand, worden

hier ook de lijnsegmenten die boven mekaar liggen wegens twee rijrichtingen geaggregeerd tot één en de intensiteiten opgeteld.

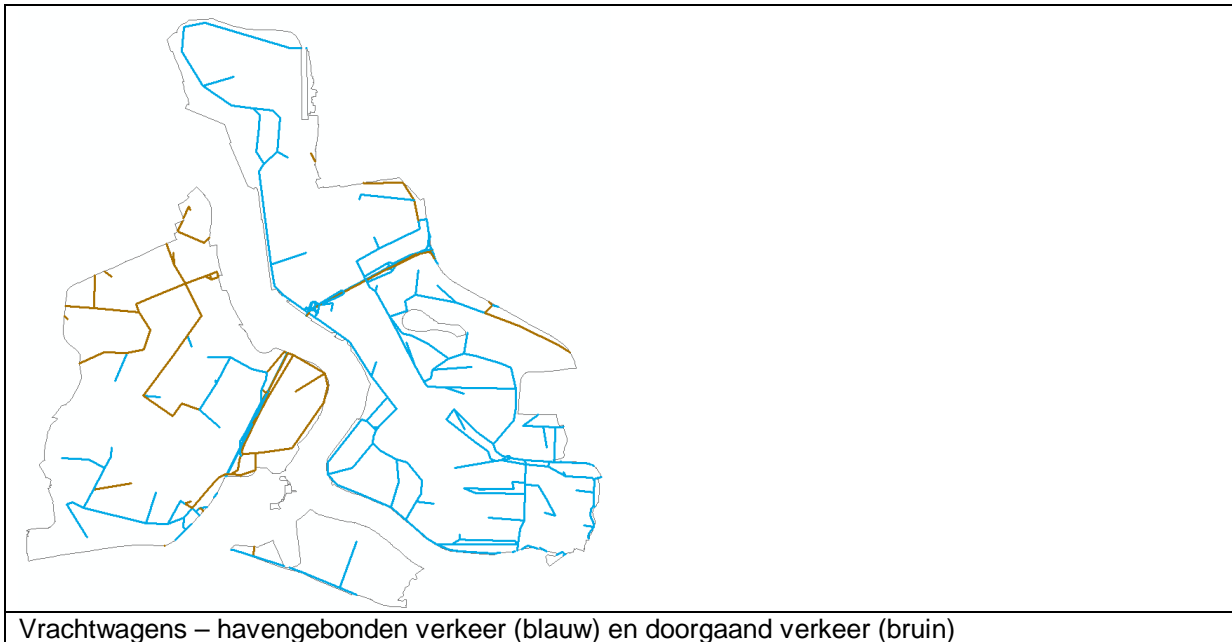


Lijnsegmenten LEZ-studie (cyaan gemarkeerd = met verkeersgegevens)

In volgende twee figuren werden voor de lijnsegmenten van de LEZ-studie een typologie bepaald: havengebonden of doorgaand verkeer. Wanneer meer dan de helft van de voertuigen een havengebonden verplaatsing maakt op dit lijnsegment, dan wordt het gedefinieerd als havengebonden. Voor personenwagens heeft 130 van de 191km aan lijnsegmenten een havengebonden verkeer. Voor vrachtwagens gaat het om 143km.



Personenwagens – havengebonden verkeer (blauw) en doorgaand verkeer (bruin)



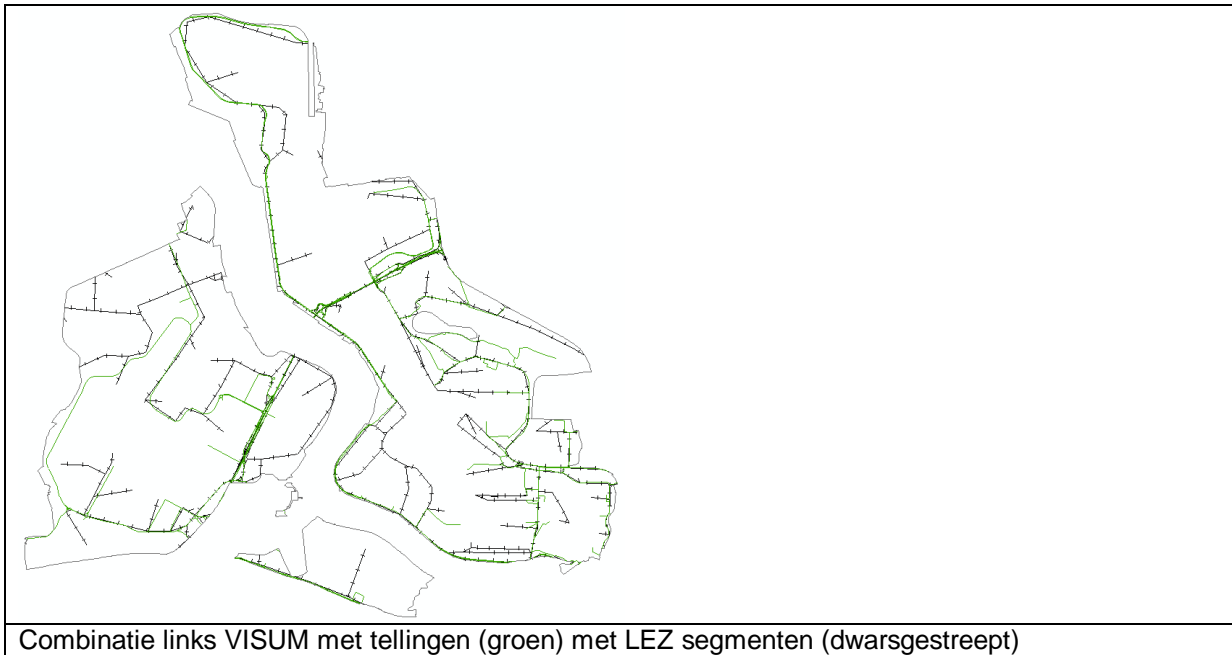
B) Extrapolatie naar overige uren binnen dagperiode

Vervolgens moet deze typologie gekoppeld worden aan de VISUM segmenten. De volgende figuur toont de combinatie van de VISUM segmenten (in het groen) met de lijnsegmenten uit de LEZ-studie (dwarsgestreept). Hieruit blijkt dat een ruimtelijke koppeling tussen de twee databronnen zinvolle combinaties oplevert aangezien beide bestanden relatief gebiedsdekkende informatie bevatten voor het studiegebied. 80% van de VISUM lijnsegmenten worden immers gekoppeld aan LEZ-segmenten die op minder dan 25m van mekaar vandaan liggen.

Bovenstaande typologie werd toegevoegd aan de VISUM lijnsegmenten om een onderscheid te kunnen maken in extrapolatie voor de overige uren van de periode 7-19u.

Er wordt aangenomen dat havengebonden verkeer een vrij continue intensiteit doorheen de dag toont, zeker in vergelijking met doorgaand verkeer. Bijgevolg zal voor een lijnsegment met havengebonden verkeer het gemiddeld aantal voertuigen van de ochtend- en avondspits genomen worden als representatief voor alle uren van de periode 7-19u.

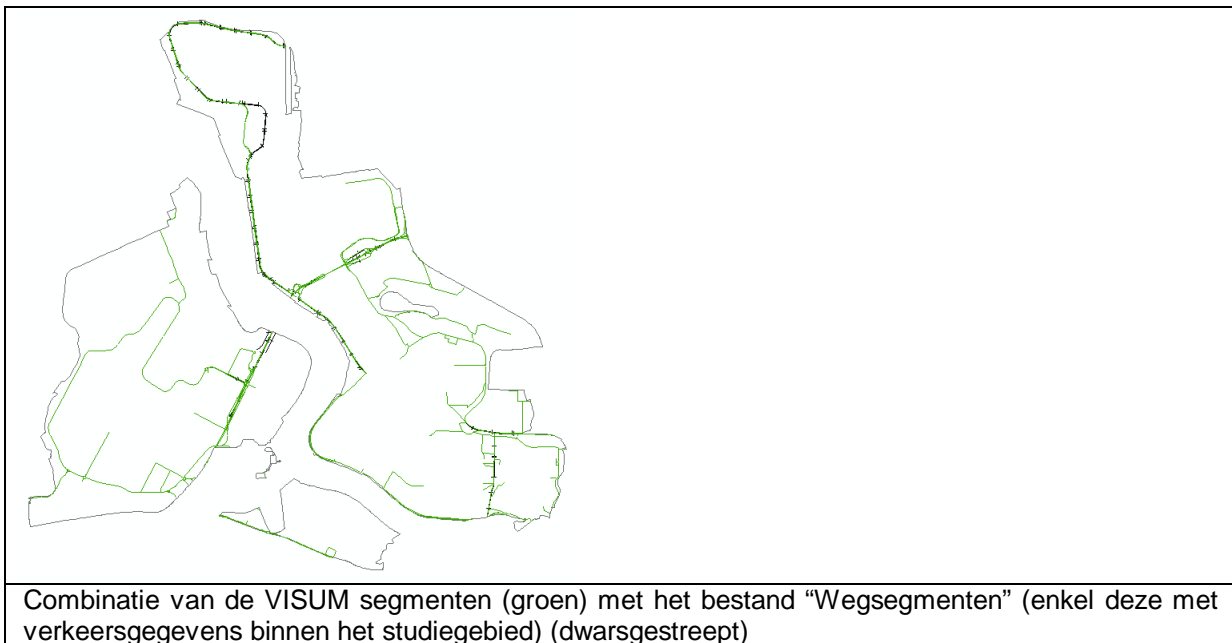
Voor lijnsegmenten met doorgaand verkeer, waarbij de verkeersintensiteiten sterker fluctueren over de dag, wordt aangenomen dat het aantal voertuigen van de ochtend- en avondspits de helft van alle voertuigen uitmaken voor de periode 7-19u. Wanneer 100 auto's voorbijkomen gedurende de dag (7-19u), dan zullen er 50 gepasseerd zijn tijdens de twee spitsuren. Dus intensiteit tijdens spits = 25 auto's per uur, intensiteit buiten de spits = 5 auto's per uur.



C) Extrapolatie naar avond- en nachtperiode

Tenslotte werden ook verkeersgegevens uit de eerst gemelde studie meegenomen om ook een inschatting te kunnen doen van de verkeersintensiteit van de avond- (19-23u) en nachtperiode (23u-7u). Dit bestand bevat immers het aantal lichte en zware voertuigen voor de drie periodes en laat toe om extrapolatiecoëfficiënten te bepalen.

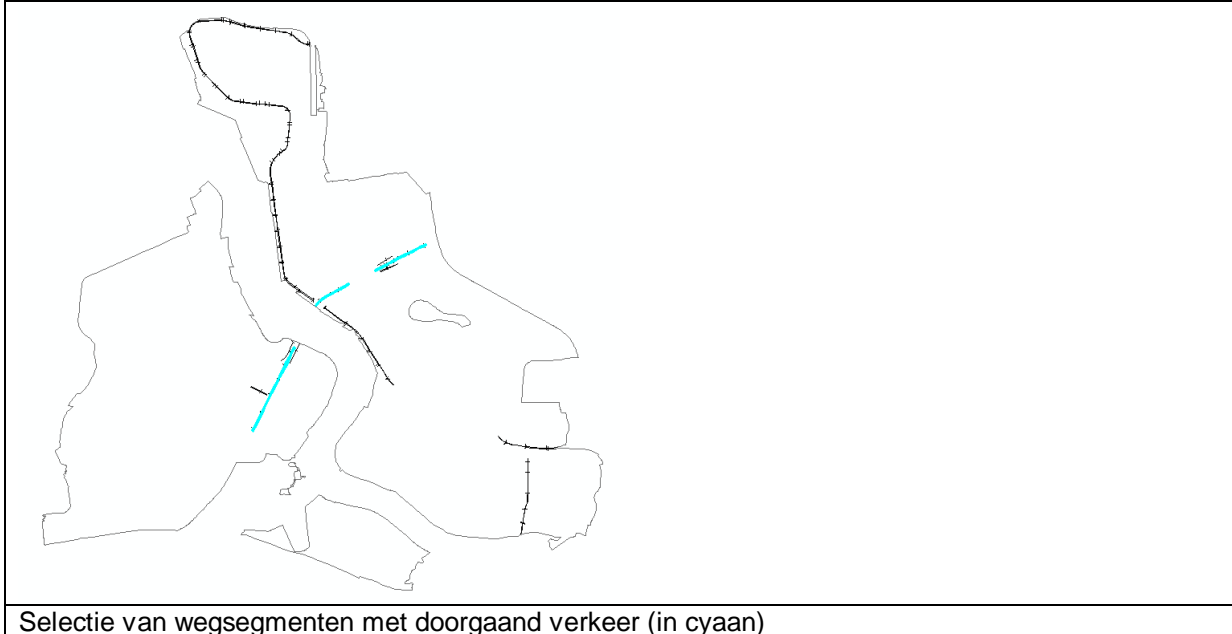
Onderstaande figuur toont de combinatie van dit bestand met de VISUM segmenten.



Uit bovenstaande kaart moet blijken dat een ruimtelijke koppeling tussen de twee bestanden geen goede resultaten biedt, aangezien er maar weinig wegsegmenten met tellingen beschikbaar zijn (57km) en het bovendien vooral gaat om de grotere wegen. Daarom wordt ervoor geopteerd om te werken met een gemiddelde extrapolatiecoëfficiënt voor het studiegebied, wel nog

opgesplitst naar gelang het een havengerelateerd segment of eerder om doorgaand verkeer gaat.

Volgende figuur toont in cyaan de lijnen uit het wegsegmentenbestand dat bestempeld wordt als doorgaand verkeer. Het gaat hier om 19% van de gemeten afstand (11 op 57km). De rest is havengebonden.



Het aantal voertuigen per uur voor de dagperiode (7-19u) is gekend uit deel B. In volgende tabel worden dan de extrapolatiecoëfficiënten weergegeven voor de nacht en de avondperiode. Hierbij moet opgemerkt worden dat er geen lichte voertuigen geteld waren voor de nachtperiode voor de lijnsegmenten van het type doorgaand verkeer. Dit lijkt eerder om een slechte staalname te gaan dan om de realiteit. Er werd voor gekozen om dezelfde trend te gebruiken als voor de havengebonden lijnsegmenten.

Havengebonden	verhouding nacht/dag	verhouding avond/dag
licht verkeer	0,4	0,32
zwaar verkeer	0,43	0,30
Doorgaand		
licht verkeer	0,4	0,59
zwaar verkeer	0,2	0,37

De extrapolatie-oefening resulteert in een totaal aantal jaarlijks gereden kilometers van **250.699.103** voor de lichte voertuigen en **89.333.520** voor zware voertuigen. De aantallen zijn ook gekend per VISUM lijnsegment en zullen bijgevolg gespreid worden over alle gridcellen die aan deze lijnsegmenten grenzen.

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Wegdekslijtage

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

Wegdekslijtage

1 Korte omschrijving van de emissiebron

Bij het rijden over het wegdek slijt dit wegdek door de wrijving veroorzaakt door de banden van het wegverkeer. Bij wegdek dient onderscheid gemaakt te worden tussen asfalt en ander wegdek. Asfalt is een mengsel van $\geq 95\%$ minerale bestanddelen (stenen, zand en vulstof) met een bindmiddel ($\leq 5\%$). Overig wegdek (beton, klinkers, etc.) bestaat volledig uit minerale grondstoffen zoals steenslag, klei, grind en zand. Het in asfalt gebruikte bindmiddel kan andere verontreinigende stoffen bevatten zoals PAK's. In deze factsheet wordt eerst de totale (minerale) wegdekslijtage berekend met behulp van in de factsheet beschreven aannamen, daar basisgegevens voor exacte berekening ontbreken. Vervolgens wordt het onderscheid naar type asfalt gemaakt (teerhoudend versus niet-teerhoudend) en een indicatieve schatting gemaakt van de PAK-emissie door asfaltslijtage.

Wegdekslijtage wordt in het Antwerpse havengebied beschouwd als een indirecte bron omdat de emissies via afspoeling van verharde oppervlakten (kaden) of via de regenwaterafvoer – riolering in het oppervlaktewater terechtkomen. Deze regenwaterafvoer is niet aangesloten op RWZI's in het studiegebied.

Wegdekslijtage wordt ingedeeld bij de activiteit wegverkeer.

2 Berekeningswijze van de emissies

De emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV), hier de verkeersprestatie in het Antwerpse havengebied in miljoen km, met een emissiefactor (EF) per voertuigtype, uitgedrukt in mg wegdekstof per verreden km (voertuigkm). Deze berekeningswijze is uitgebreid toegelicht in de Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen [1].

$$E_s = EVV \times EF \quad (1)$$

Waarbij:

E_s	=	hoeveelheid stof s uit geproduceerd slijtsel (kg stof s/jaar).
EVV	=	verkeersprestatie (km/jaar)
EF	=	slijtage van het wegdek (mg/km)

De PAK-emissie kan worden berekend als een fractie van het geproduceerde slijtsel:

$$E_x = E_s \times X \quad (2)$$

Waarbij:

E_x	=	emissie van PAK's (kg PAK/jaar),
X	=	PAK gehalte in wegdek materiaal ¹ (mg/kg) en
E_s	=	hoeveelheid stof s uit geproduceerd slijtsel (kg stof s/jaar).

De op deze wijze berekende emissie is de totale emissie naar, in principe, alle compartimenten (lucht, bodem, riool, water) door deze bron. Dit wordt de bruto emissie genoemd. Voor het Antwerpse havengebied worden alleen de emissies naar oppervlaktewater en het regenwaterriool in kaart gebracht. De basis voor deze berekening vormt de Nederlandse factsheet [2].

¹ Enkel asfalt kan PAK bevatten, ander bestratingmateriaal (beton, klinkers, kinderkopjes, etc.) is PAK-vrij en bestaat volledig uit minerale bestanddelen.

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

De EVV is de totale verkeersprestatie van de verschillende soorten voertuigtypen. De gegevens over de verkeersprestatie worden beschreven in de factsheet bandenslijtage. Schattingen van de vervoersprestatie van het wegverkeer en van havengebonden werktuigen worden overgenomen uit de factsheet bandenslijtage.

Tabel 1 geeft de totale verkeersprestatie per jaar.

Tabel 1: totale verkeersprestatie havengebied Antwerpen (km/jaar) in 2010, 2015 en 2020.

Vervoersprestatie per jaar km)					
voertuigcategorie	2010	hoog scenario		laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
<i>wegverkeer (doorgaande wegen)</i>					
Licht	250 699 103	329 260 483	346 736 774	283 413 709	283 644 679
Zwaar	89 333 520	117 327 895	123 555 354	100 990 965	101 073 268
<i>Concessieterreinen aan kades</i>					
havengebonden voertuigen	15 122 117	20 656 830	31 044 609	17 684 731	18 506 304

Voor de jaren 2015 en 2020 wordt de vervoersprestatie berekend aan de hand van prognoses die door GHA zijn aangeleverd [9]. In de prognoses wordt onderscheid gemaakt in twee verschillende scenario's: "scenario hoog" en "scenario laag". Bij het hoge scenario wordt voor het wegverkeer een groei van 31% verwacht in 2015 en 38% in 2020 (beide t.o.v. 2010). Het lage scenario geeft gelijke prognoses voor 2015 en 2020 van 13% (beide t.o.v. 2010).

De groei van het verkeer door havengebonden werktuigen is gekoppeld aan de voorspelde groei van het zeescheepvaartvervoer bij de verschillende scenario's: in het hoog scenario 37% in 2015 en 50% in 2020, in het laag scenario 17% in 2015 en 22% in 2020. De prognoses zijn verwerkt in tabel 1.

Niet alle wegen in het havengebied zijn uitgerust met PAK-houdende bindmiddelen. Uitwerking van de GIS-kaarten levert de volgende typen wegdek in het havengebied:

- 35 km AB type 2 (PAK-houdend)
- 2 km ZOA – Zeer Open Asphalt- (PAK-houdend)
- 70 km chemisch uitgewassen beton (niet PAK-houdend)
- 1 km gebezemd beton (niet PAK-houdend).

Het PAK-houdende wegdek heeft een aandeel van 34% in het Antwerpse havengebied. Dit percentage is afkomstig uit de verwerking van de door het havenbedrijf aangeleverde GIS materiaal. De EVV, het aantal gereden kilometers" en het inputbestand van deze EVV kon niet direct gekoppeld worden aan de kaart voor de wegdektypen. Daarom wordt het wegdektype in de emissiefactor verwerkt.

Bij het berekenen van de emissies is hiermee rekening gehouden door alleen de fractie PAK-houdend wegdek mee te nemen. Dit percentage is ook gehanteerd voor de concessieterreinen aan kades waar de vervoersprestatie van havengebonden voertuigen plaatsvindt.

4 Emissiefactoren

Er is geen kwantificering van totale wegdekslijtage mogelijk vanuit het wegenbeheer. Het wegdek wordt namelijk niet vervangen ten gevolge van een bepaald aantal centimeters slijtage (wat een maat voor totale slijtagemassa zou geven) maar ten gevolge van spoorvorming, breuk, scheuring, innovaties, of ten gevolge van andere werkzaamheden (bijv. onderhoud of riolering). Dit maakt het schatten van totale wegdekslijtage tot een onzekere exercitie. In tabel 2 is een samenvatting van de waarden uit de literatuur opgenomen.

Tabel 2: Wegdekslijtage emissiefactoren in de literatuur.

Voertuigklasse	PM10 emissiefactor (mg/voertuigkm)	Opmerkingen	Bron
Niet ingedeeld (overwegend Personen auto's)	3-8	Onderste limiet	[2]
$\frac{LDV^2}{HDV^2}$	3 - 38	Inclusief bandenslijtage	
Tweewielers Personenauto's	3,0 3,8	NB: schatting, niet nauwkeurig	

Op basis van enkele studies, die in de Nederlandse factsheet [2] genoemd worden, komt men uit op de volgende emissiefactoren (zie tabel 3).

Tabel 3: Aangehouden emissiefactoren wegdekslijtage voor 3 voertuigklassen.

Klasse	Grof stof (mg/vkm)	PM ₁₀ (mg/vkm)
Licht	140	7
Zwaar	700	35

PM10 staat voor fijn stof. Bij de huidige berekeningen van emissies is alleen de grof stof emissie meegenomen. Er wordt vanuit gegaan dat fijn stof geheel naar lucht gaat.

Onder de klasse licht vallen personenauto's, bestelauto's en lichte speciale voertuigen en met zwaar worden vrachtauto's, autobussen, trekkers en zware speciale voertuigen gerekend. Tweewielers (bromfietsen en motortweewielers) worden als de helft van de waarde van licht ingedeeld.

PAK's emissie uit asfaltslijtage

In de Nederlandse factsheet staat de volgende informatie over TAG (Teerhoudend Asphaltgranulaat, een asfaltsoort waarin koolteer dat PAK bevat is verwerkt) en bitumen opgenomen [2]:

Asfalt bestaat uit minerale grondstoffen en < 5% uit een bindmiddel. Vroeger was dat veelal (kool)teer, tegenwoordig bitumen. De termen teer en bitumen worden regelmatig ten onrechte door elkaar gebruikt. De materialen hebben wel dezelfde donkerbruine tot zwarte kleur, hebben beide uitstekende hechteigenschappen maar zijn verder van verschillende herkomst en chemische samenstelling.

Teer is een hoog viskeus mengsel van complexe hoogmoleculaire componenten, dat verkregen wordt bij de destructieve destillatie van steenkool of hout. Tot 1991 werden regelmatig koolteer (teer) of een combinatie van teer en bitumen (teerbitumen) in asfalt als bindmiddel gebruikt in plaats van bitumen. Teerhoudende bindmiddelen bevatten hoge gehalten PAK waardoor asfaltemengsels met teerhoudend bindmiddel concentraties aan PAK hebben van 100 – 3000 mg/kg. Vaak wordt een gemiddelde van 1500 milligram per kilo (mg/kg) genoemd. Per definitie wordt asfalt(granulaat) dat meer dan 75 mg/kg PAK-10 bevat teerhoudend asfalt granulaat (TAG) genoemd. PAK-10 is een aggregatie van 10 PAK componenten die in het Nederlandse beleid een prioritaire status hebben.

Bitumen is een aardolieproduct. Het wordt verkregen door destillatie onder bepaalde omstandigheden van druk en temperatuur, van daarvoor geselecteerde ruwe aardolie. Bitumen is een vaste stof bij omgevingstemperatuur. Het PAK gehalte van bitumen is laag. Het Nederlands adviesbureau voor bitumentoe toepassingen (Nabit) bepaalde het PAK-gehalte in 14 bitumenstalen afkomstig van 7 raffinaderijen. Globaal kwam men tot een PAK-10 gehalte van minder dan 3 mg/kg bitumen [3]. Een Europese studie rapporteerde een gemiddeld PAK10

² LDV: lichte voertuigen (personenauto's, bestelauto's en lichte speciale voertuigen; HDV: zware voertuigen (vrachtauto's, autobussen, trekkers en zware speciale voertuigen).

gehalte van 26 mg/kg. Dit geeft op basis van 5% bindmiddel een PAK10 gehalte in asfalt van tussen de 0.5 en 1.5 mg/kg.

In tabel 4 zijn de PAK gehalten in teer en bitumen opgenomen.

Tabel 4: PAK10 gehalte van TAG en AG [mg/kg].

Materiaal	Totaal PAK-10 in	
	Bindmiddel (mg/kg)	Asfalt (met 5% bindmiddel) (mg/kg)
teer	30 000	1 500
bitumen	10-30	0,5 -1,5

In het kader van onderhavige studie is er nieuwe informatie gezocht over PAK in bitumen. In 2001 is er door Brandt [4] onderzocht wat het gehalte aan PAK is in bitumen bestemd als bindmiddel van wegdekken. De resultaten staan in Tabel 5.

Tabel 5: PAK-gehalten in bitumen verwerkt in wegdek [10]

PAK component	Gehalte in bitumen-houdend wegdek (mg/kg)
naftaleen	2,7
acenaftaleen	0,2
fluoreen	0,3
fenanthreen	1,8
anthraceen	0,2
fluoranthreen	0,9
pyreen	0,9
benzo(a)anthraceen	0,7
chryseen	2,4
benzo(b)fluoranthreen	1
benzo(k)fluoranthreen	0,4
benzo(a)pyreen	0,7
dibenz(ah)anthraceen	0,5
benzo(ghi)peryleen	2
indeno(123-cd)pyreen	0,5
PAK10	12

De PAK10 uit tabel 5 bevatten de 10 prioritaire PAK's binnen het Nederlandse beleid (anthraceen, benzo(a)anthraceen, benzo(a)pyreen, benzo(ghi)peryleen, benzo(k)fluoranthreen, chryseen, fenanthreen, fluoranthreen, indeno(1,2,3-c,d)pyreen en naftaleen).

Het totaal aan PAK-10 volgens Tabel 5 is 12,3 mg/kg. Dit valt prima in de spreiding van de waarden van PAK-10 (tussen de 10 en 30 mg/kg) in bitumen in Tabel 4.

In deze factsheet is met de waarden uit Tabel 5 de PAK's emissie uit wegdek met bitumen als bindmiddel berekend.

Zware metalen uit wegdekslijtage

Omdat wegdekken bestaan uit beton en ander steenachtig materiaal [2] is er geen sprake van emissie van zware metalen als gevolg van wegdekslijtage.

Emissiefactoren

De emissiefactor hangt enerzijds af van het soort wegdek (de wegdekslijtage binnen het bebouwde gebied is een factor 2 hoger dan buiten bebouwde gebied).

Anderzijds is de emissiefactor afhankelijk van het TAG percentage (en dus PAK gehalte) in het wegdek. Beide aspecten zijn hieronder nader uitgewerkt.

Binnen en buiten bebouwd gebied

Omdat alle wegen in het havengebied worden beschouwd als binnen het bebouwd gebied, - verhard en gerioleerd oppervlak, worden allen emissiefactoren voor dit gebied gehanteerd. Binnen het bebouwde gebied wordt in de regel meer geaccelereerd en geremd dan buiten het bebouwde gebied, de landelijke wegen en snelwegen. Ook zijn er meer bochten, is het weglandschap dynamischer en de relatieve verschillen in snelheid groter. Hoewel bekend is dat om die redenen de slijtage van banden en remmen per verreden km binnen het bebouwde gebied hoger is dan buiten het bebouwde gebied zijn er geen data om die dit voor wegdekslijtage kwantificeren. Wegdekslijtage is echter een gevolg van dezelfde processen als rem- en bandenslijtage er is daarom als eerste benadering voor gekozen, naar analogie van de rem- en bandenslijtage, de emissiefactoren binnen het bebouwde gebied een factor 2 hoger te veronderstellen per verreden kilometer dan op de snelweg en landelijke wegen. Voor een verdere onderbouwing van deze keuze wordt verwezen naar de Nederlandse factsheet bandenslijtage en remvoeringslijtage. Tabel 6 geeft de gedifferentieerde emissiefactoren weer voor grof stof.

Tabel 6: Afgeleide emissiefactoren wegdekslijtage binnen en buiten het bebouwde gebied [mg/km].

Stofnaam	Voertuigcategorie	Bebouwd gebied
Grof stof	Personenauto	215
	Motortweewieler	88
	Bromfiets	88
	Bestelauto	215
	Vrachtauto	1 100
	Trekker	1 100
	Autobus	1 100
	Speciaal voertuig-licht	215
	Speciaal voertuig-zwaar	1 100

Voor de jaren 2015 en 2020 wordt aangenomen dat de verhouding in wegdektype niet zal veranderen.

TAG percentage en PAK gehalte wegdek

De heer L. de Bock van het Opzoekingscentrum voor de wegenbouw (www.brrc.be) heeft aanvullende info gegeven over het huidige TAG gehalte in het wegdek [5]. Ongeveer 10 jaar geleden heeft de OVAM afgeschraapt wegdek geanalyseerd, voordat het gestort werd. 10 tot 15% van de hoeveelheid asfaltpuin was teerhoudend. In 2010 wordt aangenomen dat al het teerhoudende asfalt in het havengebied van Antwerpen inmiddels is verwijderd en dat al het asfalt dat er thans ligt en in de toekomst nog aangelegd wordt bestaat uit asfalt met bitumen als bindmiddel.

In Tabel 7 worden de emissiefactoren voor wegdekslijtage per voertuig binnen het bebouwd gebied weergegeven. Aangezien aangenomen wordt dat al het verkeer binnen het gebied van de Haven van Antwerpen vergelijkbaar is met wegverkeer binnen het bebouwd gebied worden de overige wegdektypen buiten beschouwing gelaten.

Tabel 7: Emissiefactoren [mg/miljoen km.jaar] per voertuigtype binnen het bebouwd gebied.

	Licht	Zwaar	Havengebonden voertuigen
acenaftheen	0,74	3,77	18,84
acenaftyleen	0,74	3,77	18,84
anthraceen	0,74	3,77	18,84
benzo(a)anthraceen	2,58	13,19	65,95
benzo(a)pyreen	2,58	13,19	65,95
benzo(b)fluorantheen	3,68	18,84	94,21
benzo(ghi)peryleen	7,37	37,69	188,43
benzo(k)fluorantheen	1,47	7,54	37,69
chryseen	8,84	45,22	226,11
dibenzo(a,h)anthraceen	1,84	9,42	47,11
fenanthreen	6,63	33,92	169,58
fluorantheen	3,31	16,96	84,79
fluoreen	1,10	5,65	28,26
indeno(1,2,3-c,d)pyreen	1,84	9,42	47,11
naftaleen	9,94	50,88	254,38
pyreen	3,31	16,96	84,79

5 Geografische lokaties

Wegverkeer

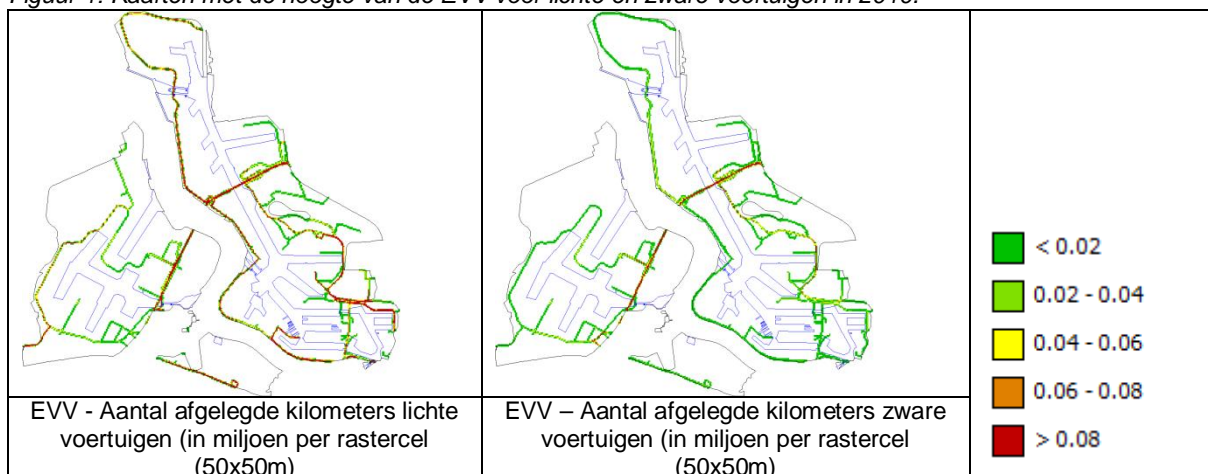
Voor de inschatting van het aantal gereden kilometers door lichte en zware voertuigen op de wegen van het havengebied is een methode uitgewerkt die maximaal gebruik maakt van de drie ruimtelijke databronnen die hiervoor beschikbaar zijn:

- Wegsegmenten.shp (GIS aanlevering 1/12/2011): aantal lichte en zware voertuigen per uur voor dag, nacht en avondperiode. Voor het studiegebied waren slechts intensiteiten gekend voor de belangrijkste wegen (57km).
- Modelondersteuning LEZ Havengebied Antwerpen (mei 2011): aandeel havengebonden en doorgaand verkeer personenwagens en vrachtwagens avondspits 17-18u voor 191 km aan lijnsegmenten.
- Export VISUM (GIS aanlevering 11/04/2012) [10]: voor ochtendspits (8-9u) en avondspits (17-18u) aantal personenwagens en aantal vrachtwagens voor 178km aan lijnsegmenten.

Er wordt uitgegaan van de meest recente studie, namelijk van de lijnsegmenten met verkeersgegevens zoals gedefinieerd in de VISUM-studie. De twee andere studies worden gebruikt om een extrapolatie te doen naar de overige perioden van de dag. Hierbij wordt rekening gehouden met het onderscheid tussen wegen die voornamelijk havengebonden verkeer bevatten en wegen met vooral doorgaand verkeer.

De extrapolatie-oefening resulteert in een totaal aantal jaarlijks gereden kilometers van 250.699.103 voor de lichte voertuigen en 89.333.520 voor zware voertuigen. De aantallen zijn ook gekend per VISUM lijnsegment en zullen bijgevolg gespreid worden over alle gridcellen die aan deze lijnsegmenten grenzen. Voor een gedetailleerde beschrijving van de verwerking van deze gegevensbronnen wordt verwezen naar bijlage 1.

Figuur 1: Kaarten met de hoogte van de EVV voor lichte en zware voertuigen in 2010.

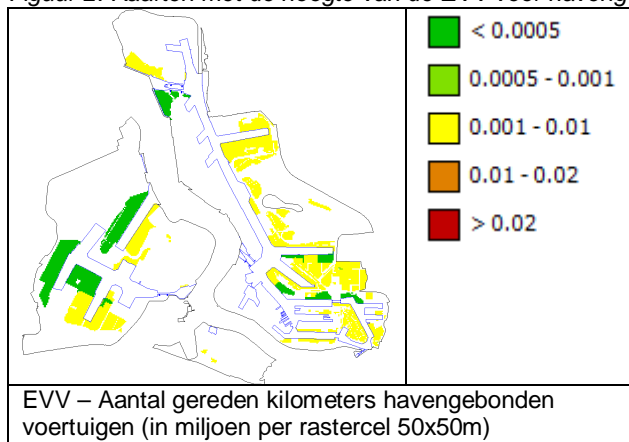


Regionalisatie van havengebonden voertuigen

Havengebonden voertuigen verplaatsen zich alleen op de kades. Vooral om schepen te laden en te lossen. Een deel van de activiteit zal ook het vervoeren van de lading naar vrachtverkeer inhouden.

Een uitgebreide toelichting op de regionalisering van de berekening en verdeling van de emissies door de havengebonden voertuigen is opgenomen in de factsheet bandenslijtage, paragraaf 3. Figuur 2 geeft de verdeling van de EVV voor de havengebonden voertuigen. Het totaal aantal gereden kilometers door havengebonden voertuigen bedraagt 15,1 miljoen.

Figuur 2: Kaarten met de hoogte van de EVV voor havengebonden voertuigen in 2010.



6 Emissieroutes en bruto-netto-emissies

Emissieroutes

De wegen in het Antwerpse havengebied zijn allen aangesloten op het regenwaterriool. Vermoed wordt dat alles wat afspoelt van het wegdek ook effectief in het regenwaterriool terechtkomt en zo uiteindelijk in het oppervlaktewater [8]. Er is een ruimtelijke analyse uitgevoerd op de geografische data die over de afvoer bij het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen aanwezig zijn om zo goed mogelijk in kaart te brengen waar de emissies in het oppervlaktewater (dokken of Schelde) terechtkomen. Zo werden er 210 lozingspunten gedefinieerd met telkens een achterliggend aanvoergebied. Voor de beschrijving van deze ruimtelijke analyse wordt verwezen naar het rapport.

Havengebonden werktuigen zijn actief op verharde terreinen langs de kaden. Deze terreinen hebben een afwateringssysteem dat rechtstreeks afwatert naar de dokken. In overleg met het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen wordt aangenomen dat alle emissies (havengebonden werktuigen) afspoelen naar het oppervlaktewater [8].

Tabel 9: Verdelingspercentages voor wegdekslijtage naar compartimenten [%].

	Afspoeling naar oppervlaktewater (%)	Regenwaterriool (%)
wegverkeer	0	100
concessieterreinen aan kades	100	0

Polluentvorm

De emissies op oppervlaktewater van de geëmitteerde stoffen zullen het oppervlaktewater bereiken in gebonden vorm. De vrijkomende stoffen bij wegdekslijtage zijn al gebonden aan het afslijpende wegdek materiaal en zullen via afspoelend regenwater in het oppervlaktewater terecht komen. De daarin voorkomende PAK zijn stoffen die zich in het watermilieu bij voorkeur hechten aan de beschikbare vaste fase (sediment).

Bruto emissie

De bruto emissie is berekend door vermenigvuldiging van de emissieverklarende variabele met de emissiefactoren, gecombineerd met de fracties TAG-wegdek. Vervolgens is ook de verdeling naar de compartimenten in de bruto cijfers verwerkt. Bij de berekeningen is ervan uitgegaan dat het type wegdek gelijk blijft in 2015 en 2020.

De bruto emissie is weergegeven in tabel 10.

Tabel 10: Bruto emissie wegdekslijtage [kg/jaar] in 2010, 2015 en 2020.

stof (kg/jaar)	2010	hoog scenario		laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
acenaftteen	0,0008	0,0011	0,0013	0,0009	0,0009
acenaftyleen	0,0008	0,0011	0,0013	0,0009	0,0009
anthraceen	0,0008	0,0011	0,0013	0,0009	0,0009
benzo(a)anthraceen	0,0028	0,0038	0,0046	0,0032	0,0033
benzo(a)pyreen	0,0028	0,0038	0,0046	0,0032	0,0033
benzo(b)fluorantheen	0,0040	0,0054	0,0065	0,0046	0,0047
benzo(ghi)peryleen	0,0081	0,0107	0,0131	0,0092	0,0094
benzo(k)fluorantheen	0,0016	0,0021	0,0026	0,0018	0,0019
chryseen	0,0097	0,0129	0,0157	0,0111	0,0113
dibenz(ah)anthraceen	0,0020	0,0027	0,0033	0,0023	0,0023
fenanthreen	0,0073	0,0097	0,0118	0,0083	0,0084
fluorantheen	0,0036	0,0048	0,0059	0,0042	0,0042
fluoreen	0,0012	0,0016	0,0020	0,0014	0,0014
indeno(123-cd)pyreen	0,0020	0,0027	0,0033	0,0023	0,0023
naftaleen	0,0109	0,0145	0,0176	0,0125	0,0127
pyreen	0,0036	0,0048	0,0059	0,0042	0,0042
Totaal EPA-PAK	0,0621	0,0827	0,1006	0,0710	0,0723

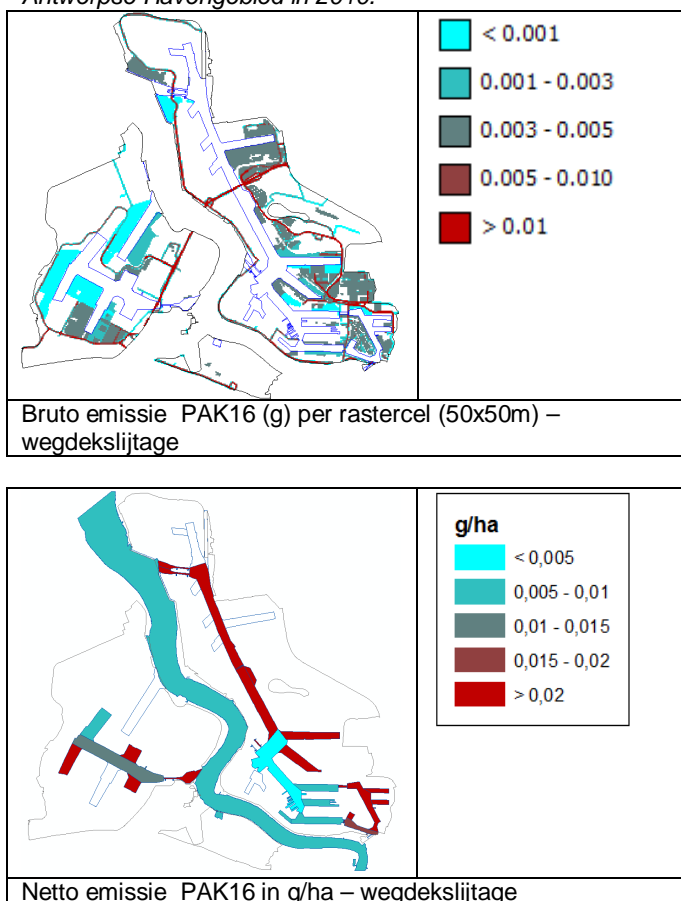
Netto emissie

De netto emissies naar water zijn wat hun hoeveelheid betreft gelijk aan de bruto emissies naar water. Het ruimtelijk verschil tussen bruto en netto emissies wordt aangetoond in paragraaf 8.

7 Koppeling aan GIS-data en kwantificering

In figuur 3 zijn de emissies (de bruto emissies en de netto emissies) weergegeven in het Antwerpse Havengebied.

Figuur 3: Kaarten met de hoogte van de bruto en netto emissies van PAK16 door wegdekslijtage in het Antwerpse Havengebied in 2010.



Tabel 11 bevat de verdeling van de EVV over de linker- en rechteroever in de Antwerpse haven.

Tabel 11: Verdeling van de EVV over de linker en rechteroever in de Antwerpse haven in 2010.

	EVV (aantal gereden kms in miljoen)		
	LO	RO	totaal
Lichte voertuigen	24%	76%	251
Zware voertuigen	36%	64%	89
Havengebonden voertuigen	26%	74%	15
Totaal	97	258	355

In tabel 12 is de verdeling van de bruto en netto emissies weergegeven over de linkeroever (LO), rechteroever (RO) en het buitengebied. Met buitengebied wordt de Schelde bedoeld. Emissies die op rechteroever of linkeroever ontstaan, kunnen in de Schelde terecht komen. Om welke gebieden dit gaat wordt gedefinieerd in de afvoerkaart (zie rapport).

Tabel 12: Verdeling PAK16emissies van de verschillende stoffen over het Antwerps Havengebied voor de linker- en rechteroever en het buitengebied in 2010.

PAK16	bruto (g)			netto (g)			
	LO	RO	totaal	LO	RO	buitengebied	totaal
Lichte voertuigen	24%	76%	14	18%	48%	34%	14
Zware voertuigen	36%	64%	26	29%	47%	23%	26
Havengebonden voertuigen	26%	74%	22	18%	70%	12%	22
Totaal	18	44	62	14	34	13	62

In tabel 13 staat de spreiding van de netto emissies over de verschillende dokzones en de Schelde weergegeven.

Tabel 13: Procentuele verdeling netto-emissies over de zones in 2010.

Zone	Aandeel netto-emissies
Schelde	22%
Kanaaldok B1	22%
Kanaaldok B2	9%
Verrebroekdok	6%
Duwvaart Schuildok	5%
Noordelijk insteedok	5%
Zuidelijk insteedok	5%
Waaslandkanaal	4%
Albertdok	4%
Churchilldok	3%
6e Havendok	2%
Zandvlietsluis	2%
3e Havendok	2%
Berendrechtsluis	1%
Doeldok	1%
Amerikadok	1%
Toegangseul KAS	1%
5e Havendok	1%
Leopolddok	1%
Hansadok	1%
Noordkasteeldok	1%
Kallosluis	1%
2e Havendok	0%
4e Havendok	0%
Albertkanaal	0%
Verbindingsgeul LED-ALD	0%
Noordkasteelbrug	0%
Boudewijnsluis	0%
Industriedok	0%

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt aangesloten bij de werkwijze, die ge-baseerd is op de methodiek van CORINAIR (CORE emission INventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

In tabel 13 is de betrouwbaarheid van de onderdelen van de berekening opgenomen.

De emissieverklarende variabele (verkeersprestatie per wegtype) van het wegverkeer is geschat aan de hand van onzekere gegevens, deze heeft classificatie C. Daarentegen is de EVV van havengebonden werktuigen gebaseerd op gegevens die vrij goed bekend zijn. Daarom krijgt deze de classificatie B

De emissiefactor is afhankelijk van onder meer het PAK gehalte aan TAG en de hoeveelheid TAG in Vlaamse wegen. Het PAK gehalte van TAG is gebaseerd op enkele metingen maar de spreiding is groot. Hoeveel TAG er nog op Vlaamse wegen ligt is gebaseerd op een grove schatting. Dit maakt dat de emissiefactor klasse D krijgt.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten krijgt een D en de emissieroutes naar water krijgt een C in deze factsheet beide. Er wordt nu van uit gegaan dat het wegwater 100% afspoelt naar het regenwaterriool en de consessieterreinen 100% afspoelingen naar het oppervlaktewater. In werkelijkheid zal er ook een deel achterblijven in het slib van het regenwaterriool, op het verharde oppervlak of afspoelen naar de bodem.

De regionalisatie van de emissies is gebaseerd op de verkeersintensiteit op de wegen. De regionalisatie van de emissies tenslotte is vrij betrouwbaar, wat resulteert in een betrouwbaarheidsclassificatie B.

Tabel 13: Betrouwbaarheid onderdelen emissieberekening.

onderdeel emissieberekening	betrouwbaarheidsclassificatie
Emissieverklarende variabele	C
Emissiefactor	D
Verdeling compartimenten	D
Emissieroutes naar water	C
Regionalisatie	B

Verbeterpunten:

- De schattingen van het de vervoersprestaties per havengebonden werktuig zijn nu gebaseerd op een geschat verbruik per voertuig. Wellicht kan het verbruik per voertuig gemeten worden voor een nauwkeurigere schatting.
- Verbetering van de emissiefactoren voor wegdekslijtage.
- Het is niet bekend wat de verharding is op de concessie terreinen aan kades.
- Aangenomen wordt dat 100% van de emissie via het regenwaterriool terecht komt in het oppervlaktewater en 100% van concessie terreinen aan kades afspoelt naar het oppervlaktewater. In werkelijkheid zal er ook een deel achterblijven in het slib van het regenwaterriool, op het verharde oppervlak of afspoelen naar de bodem.

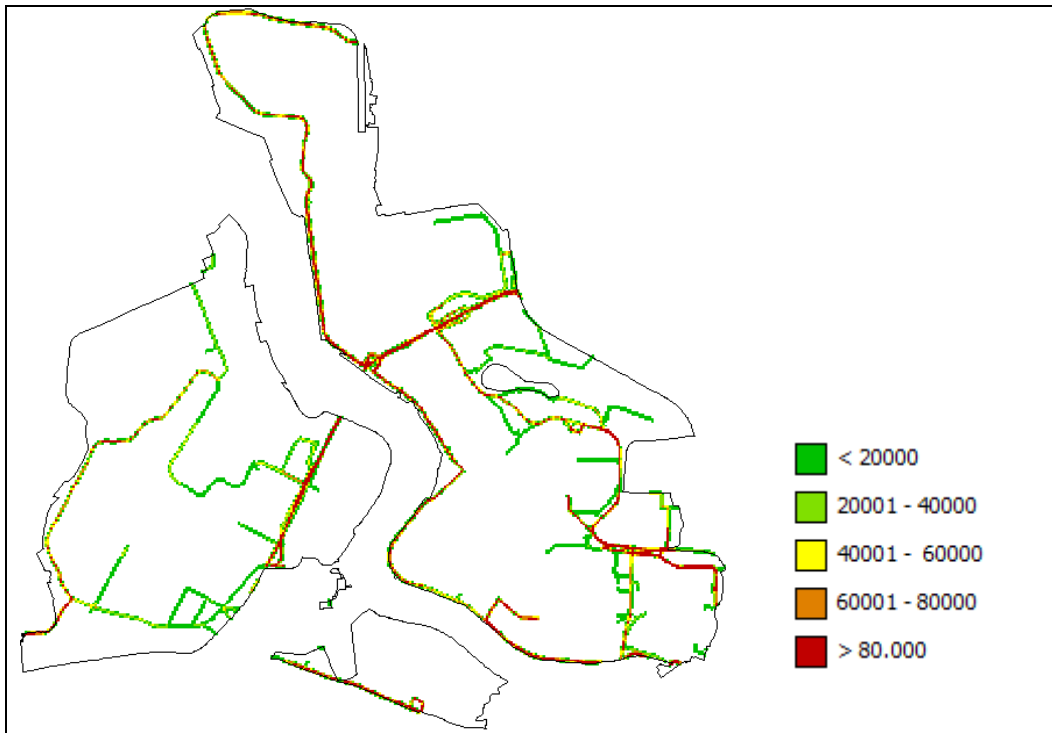
9 Referenties

- [1] CIW/CUWVO werkgroep VI, februari 1997. Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen.
- [2] Rijkswaterstaat Waterdienst, Deltares, TNO. Emissieschattingen Diffuse bronnen, Factsheet Emissies door wegdekslijtage ten gevolge van het wegverkeer, EmissieRegistratie juni 2011.
- [3] Nabit (Nederlands adviesbureau voor bitumentoepassingen) (1996) geciteerd in; A. Jacobs, L. De Bock en R. Dijkmans, Beste Beschikbare Technieken (BBT), voor Asfaltcentrales, Vito, 2001.
- [4] Brandt, h.; Groot, P. de - Aqueous leaching of polycyclic aromatic hydrocarbons from bitumen and asphalt; Water Research Vol. 35, no. 17, pp. 4200–4207.
- [5] De Bock, L., Opzoekingscentrum voor de wegenbouw (www.brrc.be).
- [6] http://europa.eu.int/comm/environment/index_en.htm
- [7] Emissie Inventaris Water, factsheet Openbare afvalwaterzuivering, januari 2009, bijlage bij [6].
- [8] Tussentijds overleg met GHA, Deltares en VITO, 7 december 2011.
- [9] Database “prognoses”, geleverd door GHA op 29 mei 2012, op basis van: ECSA, Verbeke A., Haezendonck E., Dooms M. iov GHA, Actualisatie van de maritieme prognoses van de Economische Ontwikkelingsstudie (EOS), 2011
- [10] TRITEL (in opdracht van GHA), Mobiliteitsstudie Haven Antwerpen, 2011. Mobiliteitsstudie, bijhorende Excel database en geografisch toedelingsmodel.

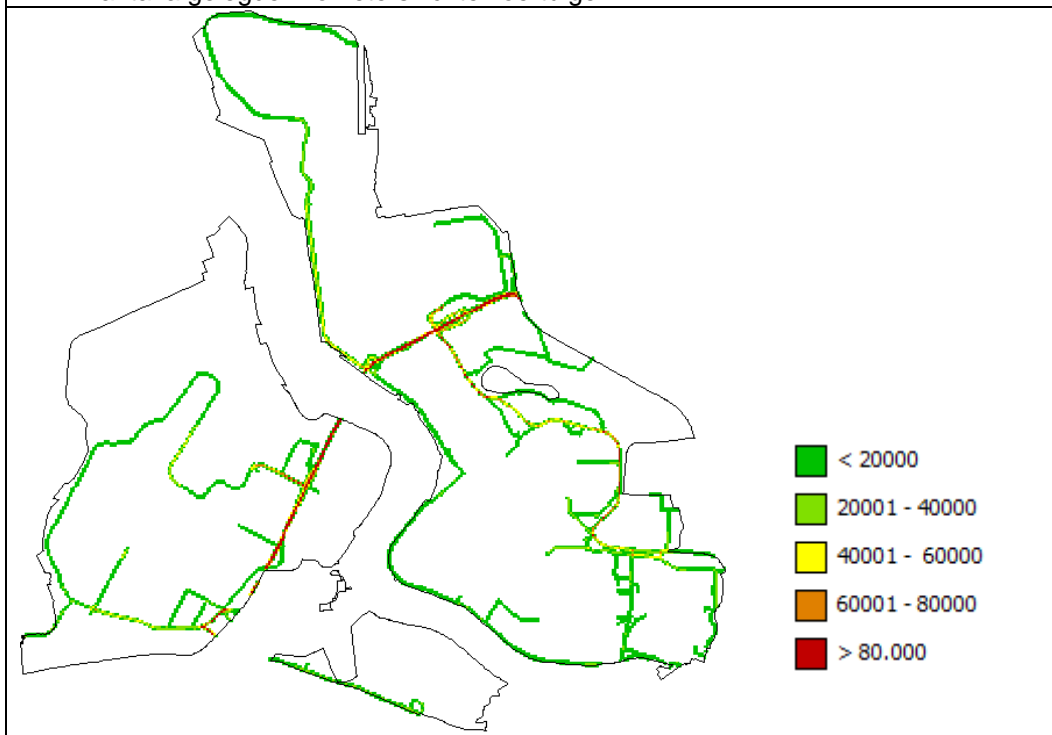
Bijlage 1

EVV kaarten “Aantal gereden kilometers lichte voertuigen” en “Aantal gereden kilometers zware voertuigen”

Voor het perceel Wegverkeer wordt hieronder beschreven hoe onderstaande EVV kaarten “Aantal gereden kilometers lichte voertuigen” en “Aantal gereden kilometers zware voertuigen” tot stand zijn gekomen.



EVV Aantal afgelegde kilometers lichte voertuigen



EVV Aantal afgelegde kilometers zware voertuigen

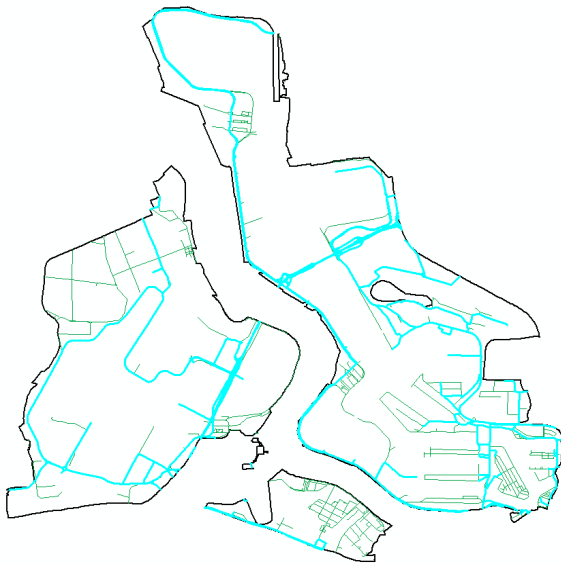
Voor het havengebied zijn drie verschillende studies beschikbaar met verkeerstellingen. Deze drie databronnen brachten elk verschillende aspecten aan, zodat ze gecombineerd werden om een zo'n goed mogelijke inschatting te maken van het aantal gereden kilometers over de wegen van het studiegebied. Om maximaal af te stemmen met de beschikbare emissiefactoren wordt een onderscheid gemaakt tussen lichte (personenwagens) en zware voertuigen (vrachtwagens).

Het gaat om de volgende drie studies:

- Wegsegmenten.shp (GIS aanlevering 1/12/2011): aantal lichte en zware voertuigen per uur voor dag, nacht en avondperiode. Voor het studiegebied waren slechts intensiteiten gekend voor de belangrijkste wegen met voornamelijk doorgaand verkeer. In totaal gaat het om 57km aan lijnsegmenten met verkeersgegevens.
- Modelondersteuning LEZ Havengebied Antwerpen (mei 2011): aandeel havengebonden en doorgaand verkeer personenwagens en vrachtwagens avondspits 17-18u. Dit bestand is veel meer gebiedsdekkend (191 km), maar geeft enkel voor de avondspits de intensiteit weer.
- Export VISUM: voor ochtendspits (8-9u) en avondspits (17-18u) aantal personenwagens en aantal vrachtwagens voor 178km aan lijnsegmenten.

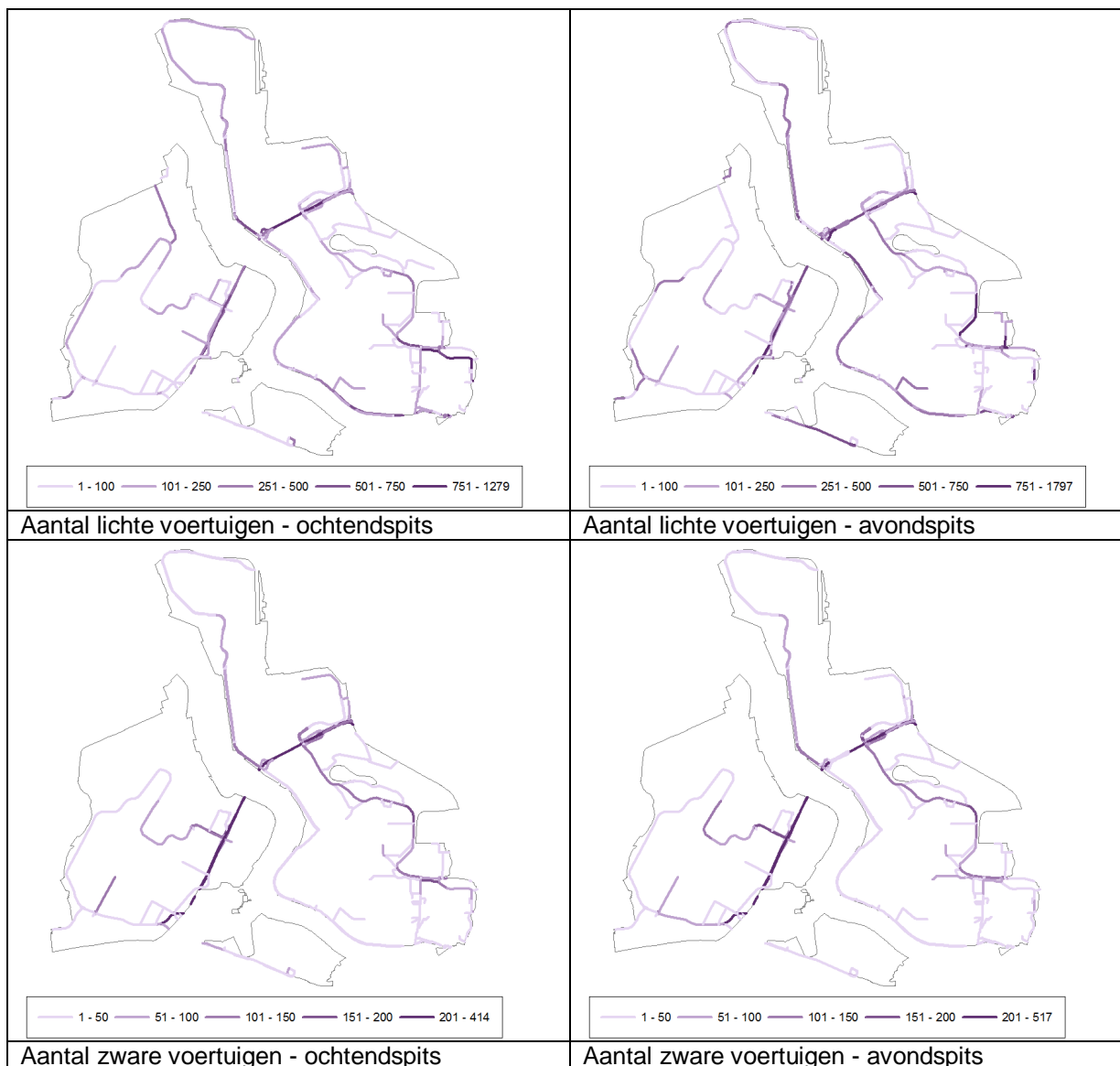
Dit laatste bestand levert de basis waar fracties afgeleid uit de andere studies aan werden gekoppeld om zo goed mogelijk te extrapoleren. Er werd voor dit vertrekbestand gekozen omdat het de meest recente verkeersgegevens bevat met een goede bedekkingsgraad voor het havengebied.

Het basisbestand



Bovenstaande figuur situeert alle lijnsegmenten die in de VISUM studie aan bod kwamen, waarbij de in cyaan gemarkeerde segmenten diegene zijn die minstens 1 telling bevatten (aantal voertuigen groter dan nul). Meestal zijn vier voertuigaantallen beschikbaar: het aantal personenwagens en vrachtwagens in de ochtendspits (8-9u) en de avondspits (17-18u). Vaak gaat het om twee segmenten vlak boven mekaar die verwijzen naar de twee rijrichtingen. Deze twee segmenten werden geaggregeerd tot één en het aantal voertuigen werd opgeteld. Dit resulteert in 594 lijnsegmenten (met unieke verkeersgegevens aan gekoppeld) die in totaal een afstand van 178 km overbruggen.

Het aantal kilometers op jaarbasis, afgelegd tijdens de twee gemeten spitsuren (ochtend en avond), bedraagt 36.491.823 voor lichte voertuigen en 12.844.749 voor zware voertuigen. Onderstaande figuren tonen de trends per VISUM segment, met onderscheid tussen ochtendspits en avondspits en tussen lichte en zware voertuigen.



Extrapolatie

In dit onderdeel wordt beschreven hoe een inschatting wordt gemaakt over de verhouding van de spitsuurintensiteiten tov het verkeer van een ganse dag. De extrapolatie verliep in drie stappen.

Ten eerste werd onderzocht welke wegsegmenten voornamelijk een havengebonden verkeer hadden en welke eerder doorgaand verkeer. Hiervoor werden de resultaten van de studie "Modelondersteuning LEZ" gebruikt.

Deze informatie werd in de tweede stap gebruikt om afhankelijk van het type verkeer een andere extrapolatie toe te passen voor de overige uren binnen een dagfase (7-19u) en tenslotte werd de eerste studie gebruikt om ook een inschatting te maken van de intensiteiten voor de avond- en de nachtperiode.

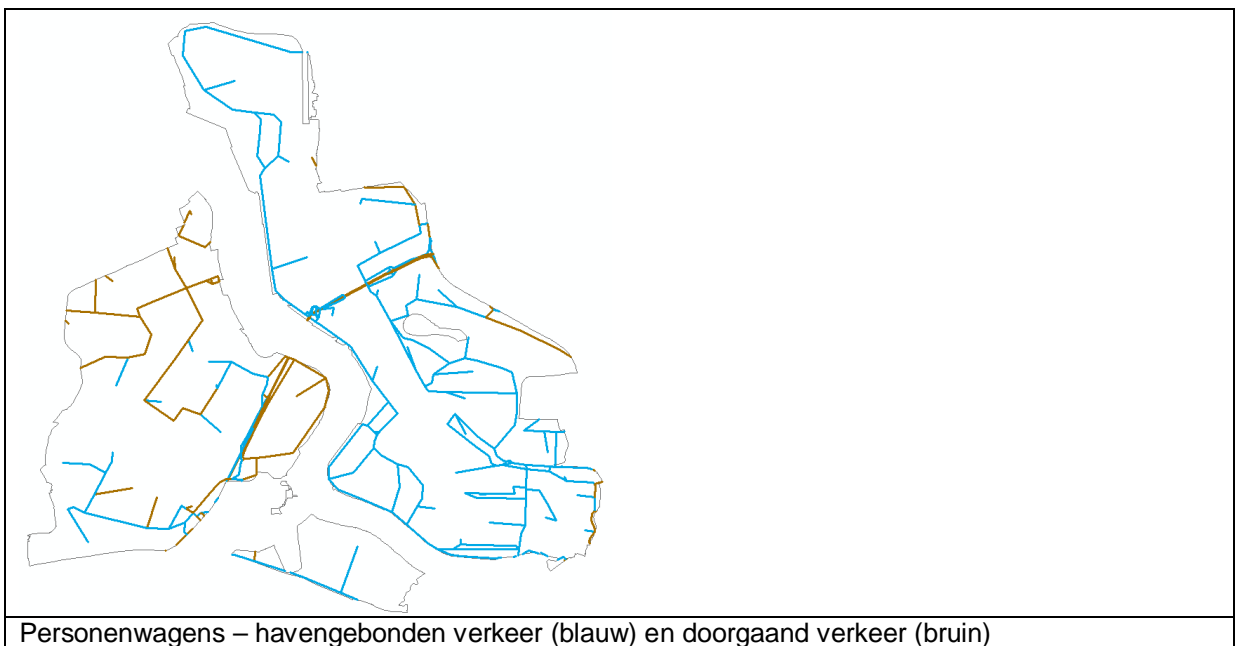
A) Resultaten Modelondersteuning LEZ

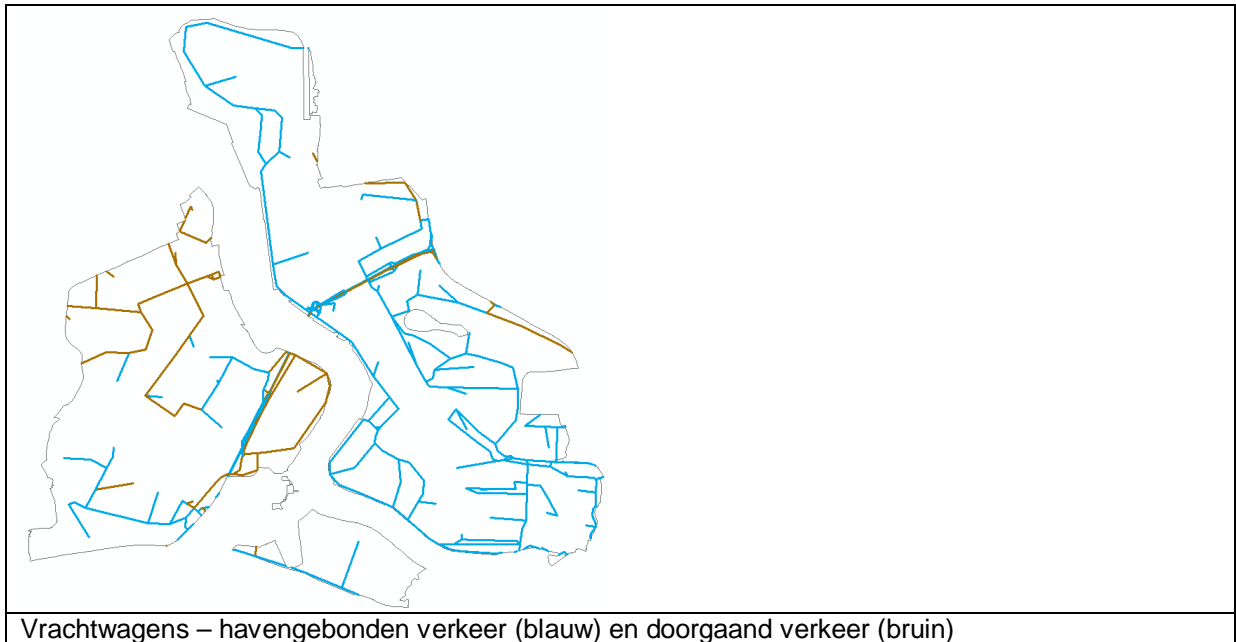
Bijgevoegde figuur beschrijft de lijnsegmenten die voor het jaar 2007 beschikbaar waren. In cyaan gemarkeerd zijn de lijnsegmenten met verkeersgegevens. Het gaat in totaal om 191 km. Uit dit bestand kan voor elk lijnsegment de fractie havengebonden verkeer voor personenwagens en vrachtwagens afgeleid worden, van toepassing op de avondspits 17-18u. Aangezien op basis van dit lijnenbestand een ruimtelijke koppeling zal plaatsvinden met het

VISUM bestand, worden hier ook de lijnsegmenten die boven mekaar liggen wegens twee rijrichtingen geaggregeerd tot één en de intensiteiten opgeteld.



In volgende twee figuren werden voor de lijnsegmenten van de LEZ-studie een typologie bepaald: havengebonden of doorgaand verkeer. Wanneer meer dan de helft van de voertuigen een havengebonden verplaatsing maakt op dit lijnsegment, dan wordt het gedefinieerd als havengebonden. Voor personenwagens heeft 130 van de 191km aan lijnsegmenten een havengebonden verkeer. Voor vrachtwagens gaat het om 143km.





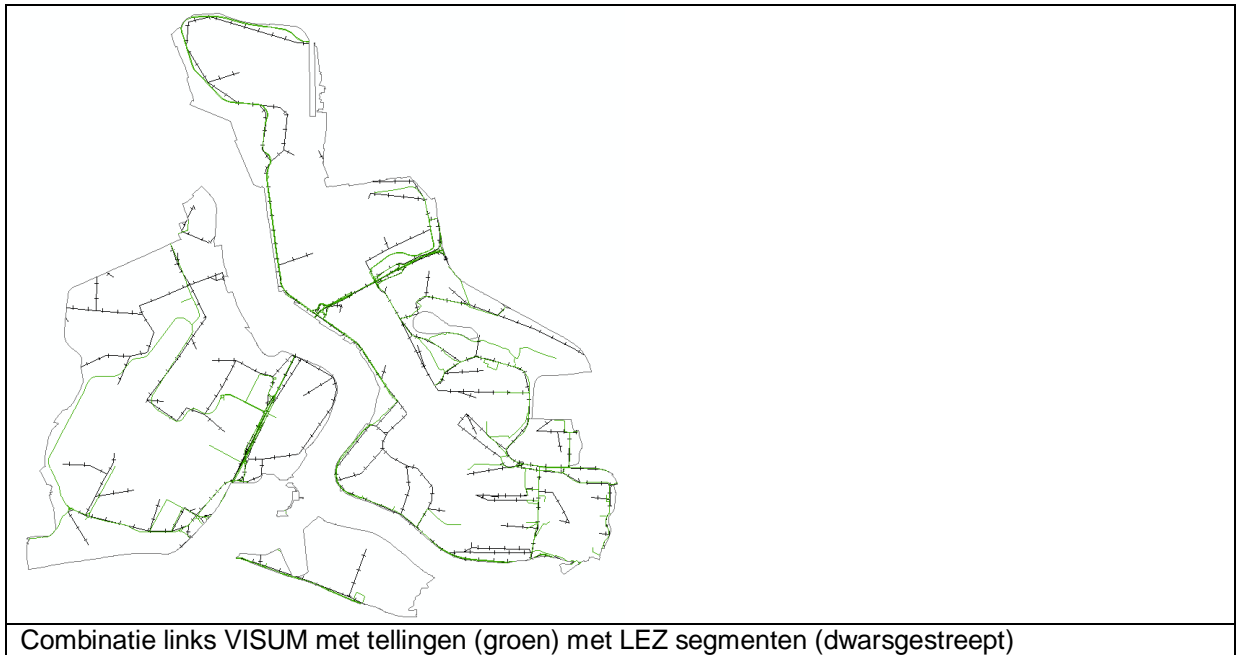
B) Extrapolatie naar overige uren binnen dagperiode

Vervolgens moet deze typologie gekoppeld worden aan de VISUM segmenten. De volgende figuur toont de combinatie van de VISUM segmenten (in het groen) met de lijnsegmenten uit de LEZ-studie (dwarsgestreept). Hieruit blijkt dat een ruimtelijke koppeling tussen de twee databronnen zinvolle combinaties oplevert aangezien beide bestanden relatief gebiedsdekkende informatie bevatten voor het studiegebied. 80% van de VISUM lijnsegmenten worden immers gekoppeld aan LEZ-segmenten die op minder dan 25m van mekaar vandaan liggen.

Bovenstaande typologie werd toegevoegd aan de VISUM lijnsegmenten om een onderscheid te kunnen maken in extrapolatie voor de overige uren van de periode 7-19u.

Er wordt aangenomen dat havengebonden verkeer een vrij continue intensiteit doorheen de dag toont, zeker in vergelijking met doorgaand verkeer. Bijgevolg zal voor een lijnsegment met havengebonden verkeer het gemiddeld aantal voertuigen van de ochtend- en avondspits genomen worden als representatief voor alle uren van de periode 7-19u.

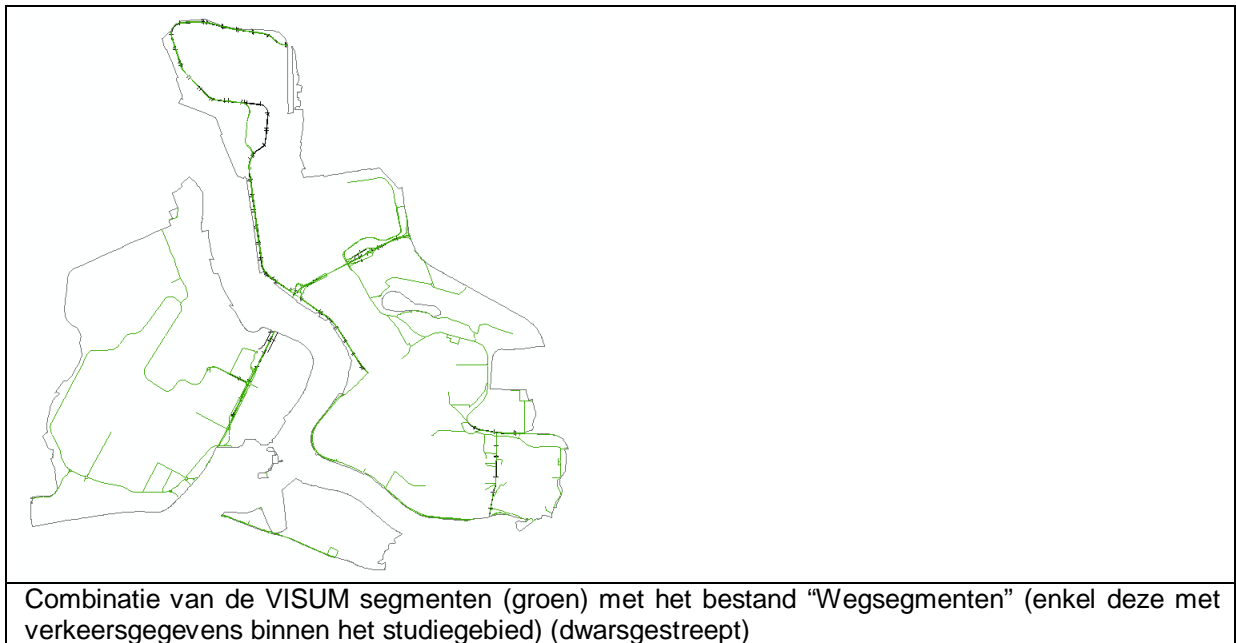
Voor lijnsegmenten met doorgaand verkeer, waarbij de verkeersintensiteiten sterker fluctueren over de dag, wordt aangenomen dat het aantal voertuigen van de ochtend- en avondspits de helft van alle voertuigen uitmaken voor de periode 7-19u. Wanneer 100 auto's voorbijkomen gedurende de dag (7-19u), dan zullen er 50 gepasseerd zijn tijdens de twee spitsuren. Dus intensiteit tijdens spits = 25 auto's per uur, intensiteit buiten de spits = 5 auto's per uur.



C) Extrapolatie naar avond- en nachtperiode

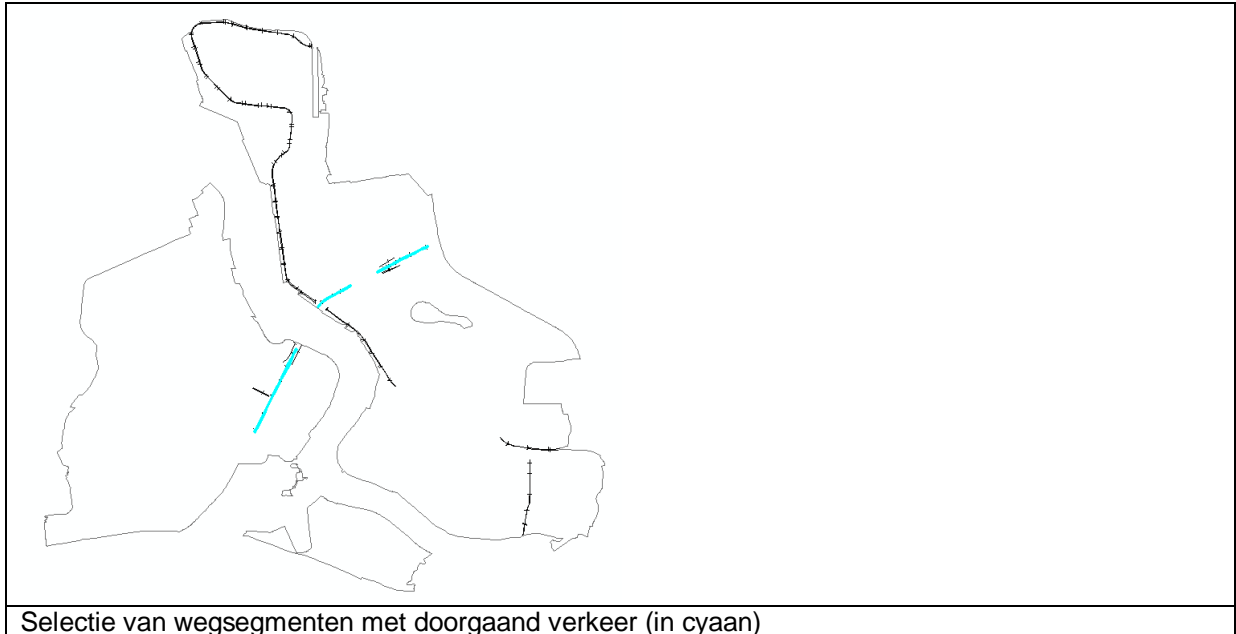
Tenslotte werden ook verkeersgegevens uit de eerst gemelde studie meegenomen om ook een inschatting te kunnen doen van de verkeersintensiteit van de avond- (19-23u) en nachtperiode (23u-7u). Dit bestand bevat immers het aantal lichte en zware voertuigen voor de drie periodes en laat toe om extrapolatiecoëfficiënten te bepalen.

Onderstaande figuur toont de combinatie van dit bestand met de VISUM segmenten.



Uit bovenstaande kaart moet blijken dat een ruimtelijke koppeling tussen de twee bestanden geen goede resultaten biedt, aangezien er maar weinig wegsegmenten met tellingen beschikbaar zijn (57km) en het bovendien vooral gaat om de grotere wegen. Daarom wordt ervoor geopteerd om te werken met een gemiddelde extrapolatiecoëfficiënt voor het studiegebied, wel nog opgesplitst naar gelang het een havengerelateerd segment of eerder om doorgaand verkeer gaat.

Volgende figuur toont in cyaan de lijnen uit het wegsegmentenbestand dat bestempeld wordt als doorgaand verkeer. Het gaat hier om 19% van de gemeten afstand (11 op 57km). De rest is havengebonden.



Selectie van wegsegmenten met doorgaand verkeer (in cyaan)

Het aantal voertuigen per uur voor de dagperiode (7-19u) is gekend uit deel B. In volgende tabel worden dan de extrapolatiecoëfficiënten weergegeven voor de nacht en de avondperiode. Hierbij moet opgemerkt worden dat er geen lichte voertuigen geteld waren voor de nachtperiode voor de lijnsegmenten van het type doorgaand verkeer. Dit lijkt eerder om een slechte staalname te gaan dan om de realiteit. Er werd voor gekozen om dezelfde trend te gebruiken als voor de havengebonden lijnsegmenten.

Havengebonden	verhouding nacht/dag	verhouding avond/dag
licht verkeer	0,4	0,32
zwaar verkeer	0,43	0,30
Doorgaand		
licht verkeer	0,4	0,59
zwaar verkeer	0,2	0,37

De extrapolatie-oefening resulteert in een totaal aantal jaarlijks gereden kilometers van **250.699.103** voor de lichte voertuigen en **89.333.520** voor zware voertuigen. De aantallen zijn ook gekend per VISUM lijnsegment en zullen bijgevolg gespreid worden over alle gridcellen die aan deze lijnsegmenten grenzen.

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Bandenslijtage wegverkeer

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

Bandenslijtage wegverkeer

1 Korte omschrijving van de emissiebron

Deze factsheet bevat een rekenmethode voor de emissies ten gevolge van slijtage van banden in het wegverkeer. Slijtage van banden veroorzaakt een emissie van bandenstof, bestaande uit fijn stof ($PM_{2,5}$, PM_{10}), grof stof, metalen en PAK's. In deze factsheet wordt nader ingegaan op de emissies van PAK's en zware metalen.

Bandenslijtage wordt in het Antwerpse havengebied beschouwd als een indirecte bron, omdat de emissies via afspoeling van verharde oppervlakten (kaden) of via de regenwaterafvoer – riolering in het oppervlaktewater terechtkomen. Deze regenwaterafvoer is niet aangesloten op RWZI's in het studiegebied.

Bandenslijtage wordt ingedeeld bij de activiteit wegverkeer.

2 Berekeningswijze van de emissies

De emissies worden gescheiden berekend voor diverse voertuigcategorieën. Emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV) – hier het aantal verreden kilometers in de haven van Antwerpen (voertuigkilometers) – met een emissiefactor (EF), uitgedrukt in emissie per eenheid van de EVV. Deze berekeningswijze is uitgebreid toegelicht in de Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen [1].

$$E_s = \text{EVV} \times \text{EF} \quad (1)$$

Waarbij:

E_s	=	emissie van stof s uit bandenslijtage, hoeveelheid geproduceerd slijtsel (kg stof s/jaar)
EVV	=	verkeersprestatie, afgelegde afstand in de haven van Antwerpen (mln km/jaar) en
EF	=	emissiefactor (kg/mln km).

De emissie van PAK's en zware metalen kan worden berekend als een fractie van het geproduceerde slijtsel:

$$E_x = E_s \times X \quad (2)$$

Waarbij:

E_x	=	emissie van component X (kg X per jaar),
X	=	gehalte aan component X van de banden (mg/kg) en
E_s	=	hoeveelheid geproduceerd slijtsel (kg).

De op deze wijze berekende emissie is de totale emissie naar, in principe, alle compartimenten (lucht, bodem, riool, water) door deze bron. Dit wordt de bruto emissie genoemd. Voor het Antwerpse havengebied worden alleen de emissies naar oppervlaktewater en het regenwaterriool in kaart gebracht.

De basis voor deze berekening vormt de VMM factsheet [2], die is gebaseerd op de Nederlandse factsheet over bandenslijtage.

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

De emissieverklarende variabele is de verkeersprestatie door de verschillende voertuigcategorieën voor het meest recente jaar. De gegevens over de verkeersprestatie zijn aangeleverd door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen. Vervolgens zijn ze door VITO bewerkt in een voor dit project bruikbare EVV.

Het verkeer in de haven van Antwerpen wordt voor deze factsheet opgesplitst in twee groepen, wegverkeer en havengebonden verkeer. Onder wegverkeer vallen de verkeersbewegingen over de openbare weg (woon-werkverkeer, afgifte en opladen van goederen door vrachtauto's etc.). De activiteiten van havengebonden werktuigen (lift-trucks, reach-stackers, haventrekkers etc.) valt onder het verkeer op bedrijventerreinen – de zogenaamde concessieterreinen, verharde terreinen aan de kades.

Vervoersprestatie wegverkeer

In Tabel 1 wordt de vervoersprestatie van lichte en zware voertuigen gepresenteerd. Onder lichte voertuigen wordt verstaan de personenauto's en bestelauto's. De zware voertuigen bestaan uit bussen, vrachtwagens en trekkers (met opleggers). De data is afkomstig uit een verkeerstelling in de ochtend- en de avondspits in 2010 [19]. Er is een naast vanuit de tellingen eveneens gebruik gemaakt van twee extra studies om een extrapolatie te maken naar jaartotalen, hierbij rekening houdend met de typologie van de verschillende wegen in het studiegebiedgemaakt voor het hele havengebied, exclusief de concessieterreinen aan kades, zie ook paragraaf 5.

Voor de jaren 2015 en 2020 wordt de vervoersprestatie berekend aan de hand van prognoses die door GHA zijn aangeleverd [3]. In de prognoses wordt onderscheid gemaakt in twee verschillende scenario's; Scenario hoog en scenario laag. Bij het hoge scenario wordt voor het wegverkeer een groei van 31% verwacht in 2015 en 38% in 2020 (beide t.o.v. 2010)). Het lage scenario geeft een gelijke prognoses voor 2015 en 2020 van 13% (t.o.v. 2010). De prognoses zijn verwerkt in tabel 1.

Tabel 1: totale verkeersprestatie havengebied Antwerpen (km/jaar) in 2010, 2015 en 2020 [26].

Vervoersprestatie per jaar (km)					
voertuigcategorie	2010	hoog scenario		laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
<i>wegverkeer (doorgaande wegen)</i>					
Licht	250 699 103	329 260 483	346 736 774	283 413 709	283 644 679
Zwaar	89 333 520	117 327 895	123 555 354	100 990 965	101 073 268

Vervoersprestatie havengebonden werktuigen

Er is geen data bekend over de afgelegde jaarlijkse afstanden van havengebonden werktuigen. Voor deze afstanden wordt een schatting gemaakt. Het aantal gereden kilometers door havengebonden voertuigen is als volgt bepaald:

Van een aantal concessieterreinhouders is bekend hoeveel havengebonden voertuigen op de concessieterreinen aan kades hebben gereden in 2010. Het gaat om de volgende terreinhouders:

- DP World
- MSC Home Terminal Containers
- Westerlund
- Parah
- Antwerp Gas Terminal
- Antwerp Euroterminal
- Wijngaardnatie
- HNN
- SCTN
- PSA Antwerp Containers

De gegevens zijn aangeleverd in een drietal spreadsheets en bevatten per individueel geregistreerd havengebonden voertuig het type, het motorvermogen, het aantal werkuren per jaar en in sommige gevallen – naast nog andere kenmerken die verder niet gebruikt zijn in de berekening van het verreden aantal kilometers – het brandstofverbruik in l/h (liters per uur). Daarnaast is bekend op welke terreinen de havengebonden voertuigen hun activiteiten hebben uitgevoerd. Deze gegevens werden verzameld in het kader van een studie uit 2007 [5], aangevuld met gegevens uit een studie van 2010 [4].

Om het aantal kilometers te berekenen is gebruik gemaakt van de volgende berekeningsmethode:

$$Jaarkilometrage = \frac{werkuren \times verbruik_l/h}{verbruik_l/km} \quad (3)$$

waarin:

- werkuren het aantal werkuren in uren per jaar is,
- verbruik_l/h het jaarlijkse brandstofverbruik van het voertuig (liters per jaar) en
- verbruik_l/km het verbruik van het voertuig in liters per gereden kilometer. Dit is een schatting gedaan door TNO en wordt hier aangemerkt als zijnde 'expert judgement' [6].

Bij een aantal concessiehouders is niet ingevuld wat de verbruiken zijn. Het gaat hier om de houders MSC, Westerlund, Parah, Antwerp Gas en Antwerp Euroterminal, HNN en SCTN. In dat geval is gekeken naar de voertuigen waarvan de verbruiken wél bekend zijn (afkomstig van Westerlund en DP World) en is per voertuig, dat qua type en motorvermogen het beste overeenkwam, een verbruik ingevuld.

In het geval van vorkliften is er een grote spreiding in de motoren qua maximaal vermogen en als consequentie daarvan in het verbruik in l/h. Er is slechts 1 schatting van het verbruik in l/km behorend bij een van de lichtst gemotoriseerde vorkliften. Van de overige voertuigtypen waarvan de verbruiken bekend zijn, zijn deze verbruiken vrijwel constant.

Het zou te onnauwkeurig te zijn om bij 1 schatting te blijven gezien de spreidingen. Om een passend verbruik (in l/km) hieraan te koppelen is uitgegaan van de relatie tussen vermogen (kW) en verbruik (l/h). Dit verband is identiek verondersteld aan het verband tussen vermogen en het verbruik in l/km, waarmee het verbruik in l/km is berekend afhankelijk van het motorvermogen.

Van elektrische vorkliften, die ook werden ingezet op de concessieterreinen aan kades, zijn geen energieverbruiken bekend. Deze zijn wel verondersteld alhoewel zij geen direct brandstofverbruik hebben. Om echter een gereden aantal kilometers te schatten is het nodig dat er een energieconsumptie per km wordt verondersteld. Het verbruik van de elektrisch aangedreven vorkliften is geschat door naar het motorvermogen te kijken en het verbruik over te nemen van een qua motorvermogen gelijke vorklift aangedreven door een verbrandingsmotor waarvan het gebruik bekend is.

Van alle geregistreerde havengebonden voertuigen waarvan géén verbruik is opgegeven is er dus een verbruik en daarmee een kilometrage geschat. Per concessieterreinhouder is er vervolgens een totaal kilometrage berekend door het kilometrage per voertuig over alle voertuigen te sommeren. Van de concessieterreinen aan kades waarvan geen registratie van de havengebonden voertuigen is geleverd zijn kilometrages geschat door de kilometrages van de bekende terreinen extrapoleren op basis van de oppervlakte van het gebied:

$$Geschatte_kilometrage = \frac{\sum kilmetrage_bekende_opp.}{\sum totale_opp.} \times opp._kilometrage_onbekend \quad (4)$$

Met:

- \sum kilometrage_bekende_opp: de som van alle bekende kilometrages (in km/jaar) over de betreffende terreinen.
- \sum totale_opp: de som van alle (dus zowel met bekende als niet bekende kilometrages) terreinoppervlaktes waarover het kilometrage wordt geschat (in m²) en
- opp_kilometrage_onbekend: de oppervlakte in m² van het terrein waarover de schatting van het kilometrage wordt gemaakt.

Formule (4) wordt berekend per sector (stukgoed, ro-ro, etc.) waarop havengebonden voertuigen actief zijn. Op deze manier wordt de oppervlakte van het concessieterrein als sleutel genomen voor het aantal verreden kilometers op dit terrein. Het totale kilometrage komt in 2010 uit op 8 956 953 km.

Om de jaren 2015 en 2020 te schatten is gebruik gemaakt van de prognoses die door GHA zijn aangeleverd [3]. Hierbij is de procentuele groei van de zeevaart gebruikt om de toename in de vervoersprestatie van havengebonden voertuigen te berekenen (tabel 4). Volgens de GHA prognoses kan er een toename voor de zeevaart verwacht worden in het Hoog scenario van 37% in 2015 en 50% in 2020. In het laag scenario wordt een toename verwacht van 17% in 2015 en 22% in 2020. In tabel 2 staat de prognose voor de havengebonden voertuigen weergegeven.

Tabel 2: Vervoersprestatie en prognose havengebonden voertuigen voor de jaren 1010, 2015 en 2020.

	Prognose vervoersprestatie (km/jaar)				
	2010	hoog scenario		laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
Havengebonden voertuigen	15 122 117	20 656 830	31 044 609	17 684 731	18 506 304

4 Emissiefactoren

In de VMM factsheet [2] is een tabel opgenomen met data uit de literatuur betreffende bandenslijtage en de verdeling naar fracties fijn stof. Hieruit blijkt dat er veel variatie is aan gegevens en dat het gezien de onzekerheid niet zinvol is de bandenslijtage nader te specificeren dan afgeronde getallen.

In tabel 3 is de grootte van de bandenslijtage per voertuig aangegeven.

Tabel 3: Emissie aan grof stof door bandenslijtage per voertuigcategorie [mg/vkm]

voertuigklasse	bandenslijtage (mg/voertuig.km)
Licht	100
Zwaar	600
havengebonden werktuigen	3 000

Er is geen data gevonden over slijtage van banden van havengebonden werktuigen. Voor het Havenbedrijf Antwerpen is daarom een schatting gemaakt van de emissiefactor. Omdat havengebonden werktuigen qua motorvermogen, belasting en gewicht het beste overeen komen met vrachtauto's en zware speciale voertuigen is de emissiefactor van bandenslijtage hierop gebaseerd. De emissiefactor van de werktuigen zal echter hoger zijn, omdat ze voornamelijk worden ingezet om ladingen te verplaatsen en daarbij veel moeten manoeuvreren, stoppen en accelereren. Dit levert een hogere slijtage emissiefactor op dan bij vrachtauto's die voornamelijk rechte stukken rijden over snelwegen en provinciale wegen. Een kwantitatieve basis hiervoor ontbreekt echter; er is géén literatuur gevonden waarin bandenslijtage van mobiele werktuigen zoals ingezet in de haven van Antwerpen wordt gekwantificeerd. De schatting waarvan hier wordt uitgegaan is dat de emissiefactor van bandenslijtage een factor 5 hoger ligt [6]; dit is een eerste orde schatting geheel gebaseerd op 'expert judgement'. Dit levert een grof stof emissiefactor van 3000 mg/kg op. Bij de huidige berekeningen van emissies is alleen de grof stof emissie meegenomen. De fijn stof emissies, relevant voor de emissies naar lucht worden in deze factsheet niet in kaart gebracht.

Emissiefactoren van PAK's uit banden

Als basis voor de PAK's in banden wordt uitgegaan van de gehalten in de factsheet die is opgesteld voor de VMM [2]. Ten grondslag hieraan ligt een aantal studies naar PAK's in banden [7, 8, 9 en 10]. Aangezien dit een studie is uit 2008 is daarnaast getracht om middels een literatuurstudie meer inzicht te krijgen in PAK's-gehalten in banden. De resultaten hiervan worden in tabel 4 getoond. In de eerste kolom staan de waarden uit [2], daarnaast wordt van een aantal literatuurstudies de resultaten getoond.

Tabel 4: PAK-gehalten in autobanden (mg/kg/band) uit verschillende studies.

PAK-component	Gehalte in loopvlak rubber (mg/kg) uit [2]	[11] 2010	[12] (veld)* 2006	[12] (rubber) 2006	[13] 2010	Gemiddeld (waarden uit [2] niet meegenomen)
acenaftheen	1,7		0,4	0,4	0,1	0,3
acenaftyleen	5,4		0,3	0,8	0,1	0,4
anthraceen	2,1	4,3	6,6		0,1	3,7
benzo(a)anthraceen	6,5		1,2		0,1	0,7
benzo(a)pyreen	5,4	0,0	0,3	1,4	0,1	0,5
benzo(b)fluorantheen	16,4	0,0	0,7	1,2	0,1	0,5
benzo(e)pyreen					0,9	0,9
benzo(ghi)peryleen	12,6	17,8	0,6	4,3	1,8	6,1
benzo(k)fluorantheen	9,1	0,0	0,6	0,5	0,9	0,5
chryseen	24,0		3,9	3,9	3,0	3,6
dibenzo(a,h)anthraceen	1,7				0,9	0,9
fenanthreen	10,9				0,9	0,9
fluorantheen	19,1		9,6		1,6	5,6
fluoreen	1,7					
indeno(1,2,3-c,d)pyreen	2,0		0,7		0,0	0,3
naftaleen	7,2		0,1	0,6	0,0	0,2
pyreen	24,0					
Totaal EPA PAK's	150	Niet bekend			11	25
Totaal PAK's 10	99				9	22
Totaal EU-PAK's**	79				6	8

*dit betreft vermalen autobanden die uit een sportveld zijn gehaald. De aanduiding 'rubber' geeft aan dat de analyse is uitgevoerd op vermalen autobanden die nog niet zijn ingestrooid.

**hier ontbreekt benzo(j)fluorantheen door een gebrek aan gegevens. Benzo(j)fluorantheen is verondersteld dezelfde waarde te hebben als benzo(k)fluorantheen.

Onder de door de EU gereguleerde PAK-componenten vallen de verbindingen: Benzo(a)pyreen, benzo(e)pyreen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(j)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen en dibenzo(a,h)anthraceen. De EPA PAK's bevatten alle PAK's in de tabel. De PAK's 10 bevatten de 10 prioritaire PAK's binnen het Nederlandse beleid (anthraceen, benzo(a)anthraceen, benzo(a)pyreen, benzo(ghi)peryleen, benzo(k)fluorantheen, chryseen, fenanthreen, fluorantheen, indeno(1,2,3-c,d)pyreen en naftaleen).

Opgemerkt wordt dat niet altijd duidelijk is of de waarden betrekking hebben op de gehele band of alleen het loopvlak. Er wordt hier aangenomen dat de waarden gelden voor zowel de banden als de loopvlakken.

Vergeleken met de waarden die in de VMM factsheet [2] worden afgeleid laten de recentere studies een flinke daling van de PAK-componenten in autobanden zien. De waarden zijn redelijk

consistent over alle studies, met uitzondering van benzo(ghi)peryleen in het onderzoek van Aatmeeyata [11] waarvan het gehalte de waarde uit de factsheet overschrijdt (17,8 mg/kg tegenover 12,6 mg/kg). Op basis daarvan lijkt deze waarde een uitbijter te zijn. De PAK's10 zouden volgens de literatuur een waarde van ongeveer 20 mg/kg hebben. PAK's10 heeft op basis van literatuuronderzoek een gemiddelde waarde van 22 mg/kg, zie laatste kolom tabel 4. Dit is een fikse daling ten opzichte van de waarde van 99 mg/kg in de Vlaamse factsheet, maar is te verklaren doordat de cijfers afkomstig zijn uit recentere studies. Hierin zijn nieuwere banden geanalyseerd, waarbij mogelijk bij de fabricage oliën zijn gebruikt die al voldoen aan de EU-regels. Dit blijft echter een speculatie aangezien het in de referenties niet wordt genoemd.

In EU-directive EG 76/769 (EU, 2005) is bepaald dat op 1 januari 2010 geen banden meer op de markt mogen komen, geproduceerd met aromatische oliën die meer dan 1 mg/kg benzo(a)pyreen of meer dan 10 mg/kg van de EU-PAK's bevatten. In de Nederlandse factsheet, die dezelfde data bevat als [2] werd geconcludeerd dat de gehalten vanaf 2010 zullen dalen tot een uiteindelijke waarde van 20 mg/kg/band (PAK's10 + benzo(b)fluorantheen). Voor PAK's10 zal deze waarde iets lager zijn.

De gemiddelde waarden in tabel 4 (de laatste kolom) komen daar prima mee overeen dus die waarden zullen worden aangehouden voor de jaren 2015 en 2020 waarbij aangenomen wordt dat in 2015 de implementatie van banden met een lager PAK-gehalte is voltooid, dus dat er géén voertuigen meer zijn uitgerust met banden die een PAK-gehalte hebben hoger dan in de EU-directive.

Op basis van de beschikbare gegevens is een algemeen profiel van PAK-soorten in relatie tot totaal PAK's in autobanden opgesteld (tabel 5). De waarde voor 2010 is verkregen door de waarden uit de VMM factsheet [2] te middelen met de gemiddelde waarden uit de literatuur (laatste kolom in tabel 6). De waarden uit de literatuur zijn namelijk nieuwer dan de waarden uit [2], maar niet ieder voertuig zal uitgerust zijn met banden met deze lagere PAK-gehalten. Aangenomen is dat het gemiddelde representatief is voor het wegverkeer. De waarden voor 2015 en 2020 zijn verkregen door de gemiddelde waarden uit de literatuur te nemen (laatste kolom in tabel 4).

Dit profiel wordt gebruikt in de verdere berekeningen van PAK's emissies door bandenslijtage.

Emissiefactoren van zware metalen uit autobanden

Bandenrubber bevat sporen van (zware) metalen die een bijdrage leveren aan de emissie, zoals getoond in de Nederlandse factsheet [2]. Zink komt in relatief grote hoeveelheden voor aangezien het als katalysator in het vulkanisatieproces wordt toegevoegd in de vorm van ZnO. Volgens de literatuur bevat het gemiddelde bandenrubber ongeveer 1% ZnO (overeenkomend met 0,8% Zn). Omgerekend naar een gehalte op massabasis wordt dit 8000 mg/kg. Dit is de ondergrens van het profiel in de tabel. Literatuurstudies [14, 15 en 16] presenteren een zinkgehalte in banden van 0,95% voor personenauto's, 1,3% voor bestelbussen en 1,7% voor vrachtauto's. In tabel 6 staat voor de complete schatting van zinkemissies en het overzicht van de voorgestelde fracties metalen in bandenrubber zoals te gebruiken bij het bepalen van de metaalemmissies ten gevolge van bandenslijtage.

Tabel 5: Algemeen profiel PAK's in mg/kg voor 2010, 2015 en 2020.

PAK's	2010 mg/kg	2015 mg/kg	2020 mg/kg
Acenafteen	1,01	0,31	0,31
Acenaftyleen	3,09	0,78	0,78
Fluorantheen	12,35	5,60	5,60
Benzo(a)anthraceen	4,28	2,05	2,05
Chryseen	13,79	3,58	3,58
Benzo(k)fluorantheen	4,80	0,50	0,50
Benzo(b)fluorantheen	8,55	0,70	0,70
Benzo(a)pyreen	2,98	0,57	0,57

PAK's	2010 mg/kg	2015 mg/kg	2020 mg/kg
Indeno(123-cd)pyreen	1,34	0,70	0,70
Benzo(ghi)peryleen	9,36	6,13	6,13
Naftaleen	3,91	0,63	0,63
Fenanthreen	6,05	1,20	1,20
Anthraceen	2,89	3,67	3,67
Dibenzo(ah)anthraceen	1,29	0,87	0,87
pyreen	12,0	0,1	0,1
fluoreen	1,0	0,3	0,3

Tabel 6: Samenvatting van de schatting van metaalgehalten in verschillende typen banden.

Metaal	Bandentype			Bron
	Personen- auto's	Bestelbussen	Vrachtauto's	
cadmium	1 mg/kg			[2]
chrom	10 mg/kg			
koper	50 mg/kg			
nikkel	50 mg/kg			
lood	100 mg/kg			
zink	0,95%	1,3%	1,7%	[14, 15 en 16]

In Intron [12] en Kreider *et al.* [13] zijn analyses gedaan van zware metalen in autobanden. De resultaten kwamen zeer goed overeen met de huidige cijfers. Er is daarom geen reden tot aanpassing van de gebruikte emissiefactoren van zware metalen.

Emissiefactoren binnen bebouwd gebied

Binnen bebouwd gebied, verhard en gerioleerd oppervlak, wordt in de regel meer geaccelereerd en geremd dan buiten bebouwd gebied. Ook zijn er meer bochten, is het weglandschap dynamischer en de relatieve verschillen in snelheid groter. Hoewel bekend is dat om die redenen de bandenslijtage per verreden km binnen het bebouwde gebied hoger is dan buiten het bebouwde gebied zijn er weinig data om dit goed te onderbouwen in de Nederlandse factsheet [2]. De gemiddelde emissiefactoren zijn vermenigvuldigd met 1,5 binnen bebouwd gebied en met 0,75 buiten bebouwd gebied. In tabel 9 zijn de uiteindelijke emissiefactoren per type voertuig opgenomen voor binnen bebouwd gebied. Omdat alle wegen in het havengebied worden beschouwd als binnen bebouwd gebied, zijn er geen emissiefactoren voor buiten bebouwd gebied, landelijke wegen en snelwegen.

De uiteindelijke emissiefactor komt tot stand door het product te nemen van de grof stof emissiefactor (tabel 5) en het PAK's/zware metalen gehalte in banden (tabel 7).

Tabel 7: Emissiefactoren [g/miljoen km.jaar] per voertuigtype in de Antwerpse haven voor 2010, 2015 en 2020.

	2010			2015			2020		
	Licht	Zwaar	H.v.*	Licht	Zwaar	H.v.*	Licht	Zwaar	H.v.*
<i>PAK's</i>									
acenaftaan	0,1	0,6	3,0	0,03	0,2	0,9	0,03	0,2	0,9
acenaftyleen	0,3	1,7	8,7	0,04	0,2	1,2	0,04	0,2	1,2
anthraceen	0,3	1,7	8,7	0,22	1,3	6,6	0,22	1,3	6,6
benzo(a)anthraceen	0,4	2,2	10,8	0,07	0,4	2,1	0,07	0,4	2,1
benzo(a)pyreen	0,3	1,8	8,8	0,05	0,3	1,5	0,05	0,3	1,5
benzo(b)fluorantheen	0,8	5,1	25,4	0,05	0,3	1,5	0,05	0,3	1,5
benzo(e)pyreen	0,1	0,5	2,7	0,09	0,5	2,7	0,09	0,5	2,7
benzo(ghi)peryleen	0,9	5,6	28,1	0,61	3,7	18,3	0,61	3,7	18,3
benzo(k)fluorantheen	0,5	2,9	14,4	0,05	0,3	1,5	0,05	0,3	1,5
chryseen	1,4	8,3	41,4	0,36	2,2	10,8	0,36	2,2	10,8

	2010			2015			2020		
	Licht	Zwaar	H.v.*	Licht	Zwaar	H.v.*	Licht	Zwaar	H.v.*
dibenzo(a,h)anthraceen	0,1	0,8	3,8	0,09	0,5	2,7	0,09	0,5	2,7
fenanthreen	0,6	3,5	17,7	0,09	0,5	2,7	0,09	0,5	2,7
fluorantheen	1,2	7,4	37,1	0,52	3,1	15,6	0,52	3,1	15,6
fluoreen	0,1	0,6	3,0	0,03	0,2	0,9	0,03	0,2	0,9
indeno(1,2,3-c,d)pyreen	0,1	0,7	3,5	0,03	0,2	0,9	0,03	0,2	0,9
naftaleen	0,4	2,2	11,2	0,02	0,1	0,6	0,02	0,1	0,6
pyreen	1,2	7,2	36,0	0,36	2,2	10,8	0,36	2,2	10,8
<i>zware metalen</i>									
cadmium	0,1	0,6	3,0	0,1	0,6	3,0	0,1	0,6	3,0
chromium	1,0	6,0	30,0	1,0	6,0	30,0	1,0	6,0	30,0
koper	5,0	30,0	150,0	5,0	30,0	150,0	5,0	30,0	150,0
nikkel	5,0	30,0	150,0	5,0	30,0	150,0	5,0	30,0	150,0
lood	10,0	60,0	300,0	10,0	60,0	300,0	10,0	60,0	300,0
zink (kg /miljoen km.jaar)	0,95	10,2	28,5	0,95	10,2	28,5	0,95	10,2	28,5
arsen	0,1	0,6	3,0	0,1	0,6	3,0	0,1	0,6	3,0

*Deze afkorting staat voor havengebonden voertuigen

5 Geografische lokaties

Wegverkeer

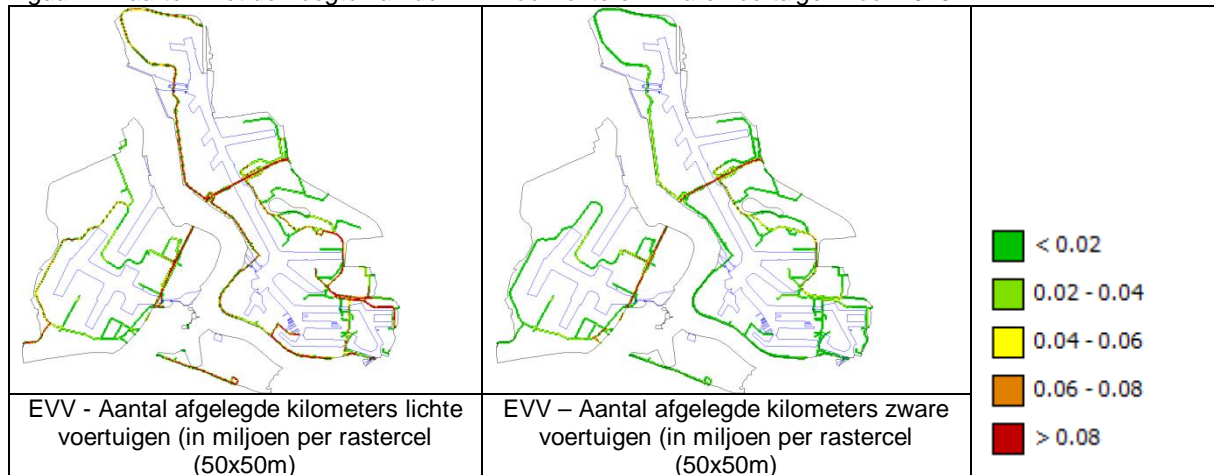
Voor de inschatting van het aantal gereden kilometers door lichte en zware voertuigen op de wegen van het havengebied is een methode uitgewerkt die maximaal gebruik maakt van de drie ruimtelijke databronnen die hiervoor beschikbaar zijn:

- Wegsegmenten.shp (GIS aanlevering 1/12/2011): aantal lichte en zware voertuigen per uur voor dag, nacht en avondperiode. Voor het studiegebied waren slechts intensiteiten gekend voor de belangrijkste wegen (57km).
- Modelondersteuning LEZ Havengebied Antwerpen (mei 2011): aandeel havengebonden en doorgaand verkeer personenwagens en vrachtwagens avondspits 17-18u voor 191 km aan lijnsegmenten.
- Export VISUM (GIS aanlevering 11/04/2012): voor ochtendspits (8-9u) en avondspits (17-18u) aantal personenwagens en aantal vrachtwagens voor 178km aan lijnsegmenten.

Er wordt uitgegaan van de meest recente studie, namelijk van de lijnsegmenten met verkeersgegevens zoals gedefinieerd in de VISUM-studie. De twee andere studies worden gebruikt om een extrapolatie te doen naar de overige perioden van de dag. Hierbij wordt rekening gehouden met het onderscheid tussen wegen die voornamelijk havengebonden verkeer bevatten en wegen met vooral doorgaand verkeer.

De extrapolatie-oefening resulteert in een totaal aantal jaarlijks gereden kilometers van 250.699.103 voor de lichte voertuigen en 89.333.520 voor zware voertuigen. De aantallen zijn ook gekend per VISUM lijnsegment en zullen bijgevolg gespreid worden over alle gridcellen die aan deze lijnsegmenten grenzen. Voor een gedetailleerde beschrijving van de verwerking van deze gegevensbronnen wordt verwezen naar bijlage 1.

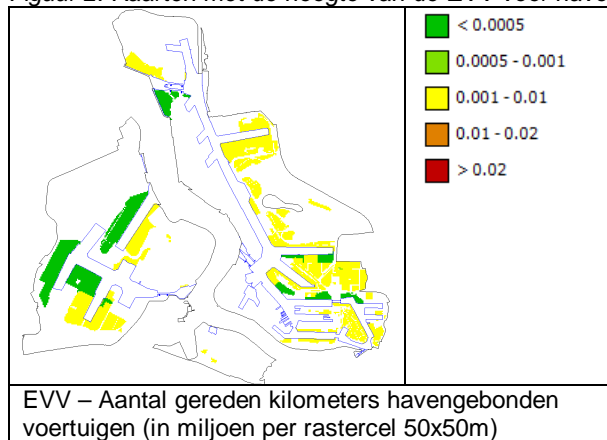
Figuur 1: Kaarten met de hoogte van de EVV voor lichte en zware voertuigen voor 2010.



Regionalisatie van havengebonden voertuigen

Havengebonden voertuigen verplaatsen zich alleen op de kades. Vooral om schepen te laden en te lossen. Een deel van de activiteit zal ook het vervoeren van de lading naar vrachtverkeer inhouden. Voor de emissieschattingen zijn niet alleen de smalle stroken langs het dok meegenomen, zie figuur 2. De emissie worden gespreid over het gehele geselecteerde terrein. Een uitgebreide toelichting op de regionalisering van de berekening en verdeling van de emissies door de havengebonden voertuigen is opgenomen in paragraaf 3. Figuur 2 geeft de verdeling van de EVV voor de havengebonden voertuigen. Het aantal gereden kilometers door havengebonden voertuigen wordt ingeschat op 15,1 miljoen.

Figuur 2: Kaarten met de hoogte van de EVV voor havengebonden voertuigen voor 2010.



6 Emissieroutes en bruto-netto-emissies

Emissieroutes

De wegen in het Antwerpse havengebied zijn allen aangesloten op het regenwaterriool. Vermoed wordt dat alles wat afspoelt van het wegdek ook effectief in het regenwaterriool terechtkomt en zo uiteindelijk in het oppervlaktewater [18]. Er is een ruimtelijke analyse uitgevoerd op de geografische data die over de afvoer bij het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen aanwezig zijn om zo goed mogelijk in kaart te brengen waar de emissies in het oppervlaktewater (dokken of Schelde) terechtkomen. Zo werden er 210 lozingspunten gedefinieerd met telkens een achterliggend aanvoergebied. Voor de beschrijving van deze ruimtelijke analyse wordt verwezen naar het rapport.

Havengebonden werktuigen zijn actief op verharde terreinen langs de kades. Deze terreinen hebben een afwateringssysteem dat rechtstreeks afwatert naar de dokken. In deze studie wordt alleen rekening gehouden met de verharde concessieterreinen [18]. Gegevens over de riolering van de concessieterreinen aan de kades ontbreken. In overleg met het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen wordt aangenomen dat alle emissies (havengebonden werktuigen) afspoelen naar het oppervlaktewater [18].

Tabel 8: Verdelingspercentages voor wegdekslijtage naar compartimenten [%].

	Afspoeling naar oppervlaktewater (%)	Regenwaterriool (%)
wegverkeer	0	100
concessieterreinen aan kades	100	0

Polluentvorm

De emissies op oppervlaktewater van de geëmitteerde stoffen zullen het oppervlaktewater bereiken in gebonden vorm. De vrijkomende stoffen bij bandenslijtage zijn al gebonden aan het bandenslijtsel of zullen zich binden aan deeltjes tijdens het transport naar het oppervlaktewater, via het regenwaterriool en afspoeling. PAK zijn stoffen die zich in het watermilieu bij voorkeur hechten aan de beschikbare vaste fase (sediment). Zware metalen zijn redelijk oplosbaar maar zullen ook sorberen/gesorbeerd blijven op sedimentpartikels.

Bruto emissies

De bruto emissie van PAK's en zware metalen is berekend door vermenigvuldiging van de emissieverklarende variabele (tabel 1) met de emissiefactoren uit tabel 3 en de fracties van specifieke stoffen in bandenstof zoals gegeven in tabellen 5 en 6. Vervolgens is ook de verdeling naar de compartimenten in de bruto cijfers verwerkt. Tabel 9 geeft de bruto emissie van PAK's door bandenslijtage weer voor 2010, en voor zowel het hoge als het lage scenario in 2015 en 2020. Bij de berekening van de emissies voor de jaren 2015 en 2020 is er rekening gehouden met de samenstelling van het bandenmateriaal, zie ook paragraaf 4.

Tabel 9: Bruto emissie PAK's en metalen door bandenslijtage [kg/jaar] voor de jaren 2010, 2015 en 2020.

(kg/jaar)	hoog scenario			laag scenario	
	2010	2015	2020	2015	2020
<i>PAK's</i>					
acenaftteen	0,12	0,05	0,06	0,04	0,04
acenaftyleen	0,38	0,13	0,16	0,11	0,11
anthraceen	0,36	0,61	0,74	0,52	0,53
benzo(a)anthraceen	0,53	0,34	0,41	0,29	0,30
benzo(a)pyreen	0,37	0,09	0,11	0,08	0,08
benzo(b)fluorantheen	1,06	0,12	0,14	0,10	0,10
benzo(ghi)peryleen	1,16	1,01	1,24	0,87	0,10
benzo(k)fluorantheen	0,60	0,08	0,10	0,07	0,89
chryseen	1,71	0,59	0,72	0,51	0,52
dibenzo(ah)anthraceen	0,16	0,14	0,18	0,12	0,13
fenanthreen	0,75	0,20	0,24	0,17	0,17
fluorantheen	1,5	0,93	1,13	0,80	0,81
indeno(123-cd)pyreen	0,17	0,12	0,14	0,10	0,10
naftaleen	0,49	0,10	0,13	0,09	0,09
pyreen	1,49	0,01	0,01	0,01	0,01
fluoreen	0,12	0,04	0,05	0,04	0,04
PAK16	11,0	4,6	5,6	3,82	4,0

(kg/jaar)	hoog scenario			laag scenario	
	2010	2015	2020	2015	2020
<i>zware metalen</i>					
cadmium	0,12	0,17	0,20	0,14	0,14
chromium	1,2	1,7	2,0	1,4	1,4
koper	6,2	8,3	10,1	7,1	7,2
nikkel	6,2	8,3	10,1	7,1	7,2
lood	12	17	20	14	14
zink	1580	2098	2474	1803	1828
arsen	0,12	0,17	0,20	0,14	0,14

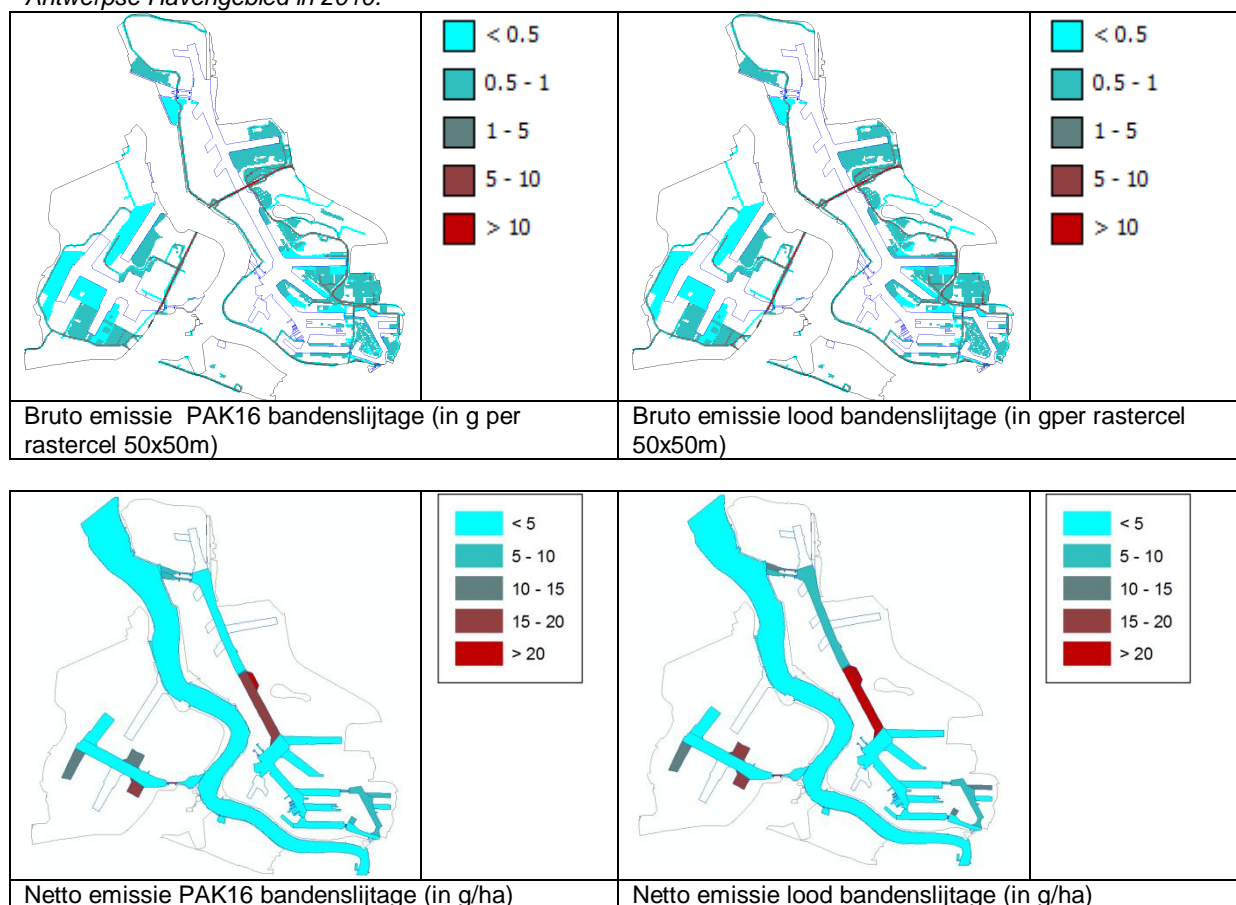
Netto emissie

De netto emissies zijn wat hun hoeveelheid betreft gelijk aan de bruto emissies en opgenomen in tabel 11. Het ruimtelijk verschil tussen bruto en netto emissies wordt aangetoond in paragraaf 7.

7 Koppeling aan GIS-data en kwantificering

In figuur 3 zijn de emissies (de bruto emissies en de netto emissies) weergegeven in het Antwerpse Havengebied.

Figuur 3: Kaarten met de hoogte van de bruto en netto emissies van PAK16 en Pb door bandenslijtage in het Antwerpse Havengebied in 2010.



Tabel 10 bevat de verdeling van de EVV weergegeven over linkeroever (LO) en rechteroever (RO).

Tabel 10: Verdeling EVV over het Havengebied in 2010.

	EVV (aantal gereden kms in miljoen)		
	LO	RO	totaal
Lichte voertuigen	24%	76%	251
Zware voertuigen	36%	64%	89
Havengebonden voertuigen	26%	74%	15
Totaal	97	258	355

In tabel 11 is de verdeling van de bruto en netto emissies weergegeven over linkeroever (LO), rechteroever (RO) en het buitengebied. Het buitengebied verwijst naar bruto-emissies die in de Schelde, en dus buiten het studiegebied, terecht komen.

Tabel 11: Verdeling emissies van de verschillende stoffen over het Havengebied in kg/jaar in 2010.

stof	bruto emissies (kg)			netto emissies (kg)			
	LO	RO	Totaal	LO	RO	buiten	Totaal
arseen	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1
cadmium	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1
chromium	0,4	0,9	1,2	0,3	0,7	0,3	1,2
koper	1,8	4,4	6,2	1,4	3,5	1,3	6,2
nikkel	1,8	4,4	6,2	1,4	3,5	1,3	6,2
PAK16	3,2	7,6	10,8	2,5	6,0	2,3	10,8
lood	3,7	8,7	12,4	2,8	6,9	2,6	12,4
zink	495	1 085	1 580	389	848	343	1 580

De procentuele netto verdeling over de zones in het Antwerps havengebied staan weergegeven in tabel 12.

Tabel 12: Procentuele verdeling netto-emissies over de zones in 2010.

naam	aandeel netto-emissies
Kanaaldok B1	22%
Schelde	22%
Kanaaldok B2	9%
Verrebroekdok	6%
Duwvaart Schuildok	5%
Noordelijk insteekdok	5%
Zuidelijk insteekdok	5%
Waaslandkanaal	4%
Albertdok	4%
Churchilldok	3%
6e Havendok	2%
Zandvlietsluis	2%
3e Havendok	2%
Berendrechtssluis	1%
Doeldok	1%
Amerikadok	1%
Toegangseul KAS	1%
5e Havendok	1%
Leopolddok	1%
Hansadok	1%
Noordkasteeldok	1%
Kallosluis	1%
2e Havendok	0%
4e Havendok	0%
Albertkanaal	0%
Verbindingsgeul LED-ALD	0%
Noordkasteelbrug	0%
Boudewijnsluis	0%
Industriedok	0%

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt aangesloten bij de werkwijze, die gebaseerd is op de methodiek van CORINAIR (CORE emission INventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

In tabel 13 is een inschatting van de betrouwbaarheid van de onderdelen van de berekening opgenomen. De emissieverklarende variabele (verkeersprestatie per wegtype) van het wegverkeer is geschat aan de hand van meetgegevens in de havens van Antwerpen in zowel 2010 als 2006 en krijgt een classificatie C. De EVV van havengebonden werktuigen gebaseerd op gegevens die vrij goed bekend zijn. Daarom krijgt deze de classificatie B. Gecombineerd krijgt de EVV een classificatie C. De emissiefactor is bepaald op basis van literatuuronderzoek. Omdat de resultaten consistent zijn wordt gekozen voor klasse B.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten krijgt een D en de emissieroutes naar water krijgt een C in deze factsheet beide. Er wordt nu van uit gegaan dat het wegwater 100% afspoelt naar het regenwaterriool en de concessie terreinen 100% afspoelingen naar het oppervlaktewater. In werkelijkheid zal er ook een deel achterblijven in het slib van het regenwaterriool, op het verharde oppervlak of afspoelen naar de bodem.

De regionalisatie van de emissies tenslotte is vrij betrouwbaar, wat resulteert in een betrouwbaarheidsclassificatie B.

Tabel 13: Betrouwbaarheid onderdelen emissieberekening.

onderdeel emissieberekening	betrouwbaarheidsclassificatie
Emissieverklarende variabele	C
Emissiefactor	B
Verdeling compartimenten	D
Emissieroutes naar water	C
Regionalisatie	B

Verbeterpunten:

- Er zijn emissiefactoren bekend voor de verschillende typen voertuigen. Indien de verkeerstellingen rekenen houden met de voertuigtypen kan er per voertuigtype een emissie worden berekend, waardoor er nauwkeurigere schattingen gemaakt kunnen worden.
- De schattingen van het de vervoersprestaties per havengebonden werktuig zijn nu gebaseerd op een geschat verbruik per voertuig. Wellicht kan het verbruik per voertuig gemeten worden voor een nauwkeurigere schatting.
- Aangenomen wordt dat 100% van de emissie via het regenwaterriool terecht komt in het oppervlaktewater en 100% van de concessie terreinen aan kades afspoelt naar het oppervlaktewater. In werkelijkheid zal er ook een deel achterblijven in het slib van het regenwaterriool, op het verharde oppervlak of afspoelen naar de bodem.

9 Referenties

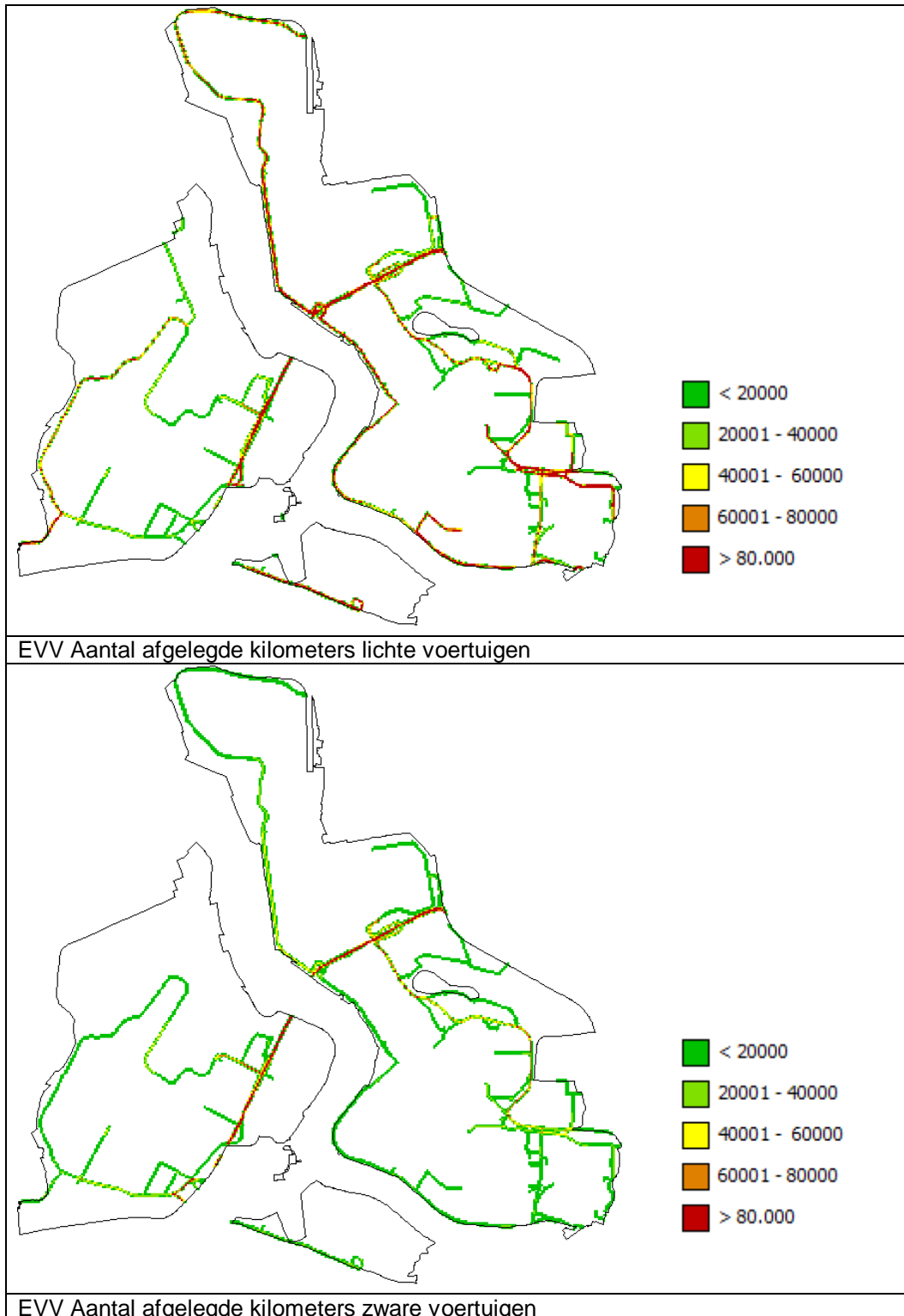
- [1] CIW/CUWVO werkgroep VI, februari 1997. Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen.

- [2] Deltares - Emissie Inventaris Water, Bandenslijtage, januari 2009.
- [3] Database "prognoses", geleverd door GHA op 29 mei 2012, op basis van: ECSA, Verbeke A., Haezendonck E., Dooms M. i.o.v. GHA, Actualisatie van de maritieme prognoses van de Economische Ontwikkelingsstudie (EOS), 2011.
- [4] Royal Haskoning, 2011 – Ontwikkeling van een steunprogramma voor havengebonden werktuigen; Steunprogramma havengebonden werktuigen; Port of Antwerp; Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.
- [5] Arcadis Ecolas, 2007 – Oplijsting van een set van kosten-efficiënte milderende maatregelen m.b.t. de luchtemissies door het zee- en achterlandtransport van en naar de Antwerpse haven, Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.
- [6] TNO, persoonlijke communicatie J. Hulskotte, november 2011.
- [7] BLIC, Tyre particulates as a source of PAHs in the environment, cited in CSTE (2003), 2002.
- [8] LUT (Lulea University of Technology) - Technical and Environmental Properties of Tyre Shreds Focusing on Ground Engineering Applications; 2004.; <http://epubl.ltu.se/1402-1536/2004/05/index.html>
- [9] NBI (Norges Byggforskninginstitut) Oppdragsrapport, Potensiële helse- og miljeoeffekter tilknyttet kunstgresssystemer- sluttrapport. Byggforsk rapport O-10820. 15p, 2004.
- [10] Nilsson, N.; Feilberg, A.; Pommer, K. – Emissions and evaluation of health effects of PAH's and aromatic amines from tyres –Survey of Chemical Substances in Consumer Products, No. 54 2005.
- [11] Aatmeeyata, M. – Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, elemental and organic carbon emissions from tire-wear; Science of the Total Environment 408 (2010); 4563 – 4568.
- [12] Intron (2006) – Milieu- en gezondheidsaspecten van instrooirubber; gemalen rubber van autobanden als introoimateriaal op kunstgrasvelden.
- [13] Kreider, M.; Panko, J.; McAtee, B.; Sweet, L.; Finley, B. - Physical and chemical characterization of tire-related particles: Comparison of particles generated using different methodologies; Science of the Total Environment 408 (2010); 652–659.
- [14] BLIC and ZOPA (2001a). Comments on the 17 November draft RAR of Zn and compounds, Letter of Alex Coursier, 2 February 2001 (UMZC/Mktg/AC05/02/01); cited in Blok (2005).
- [15] BLIC and ZOPA. (2001b) Industry comments on RAR draft of February 2001. Releases of zinc to the environment from the wearing of tyres, Letter of April 27, 2001;. cited in Blok (2005).
- [16] Blok, J. - Environmental exposure of road borders to zinc - Science of the Total Environment, Volume 348, Issues 1-3, 2005; 173-190.
- [17] Emissie Inventaris Water. Vlaamse Milieumaatschappij.
- [18] Tussentijds overleg met GHA, Deltares en VITO, 7 december 2011.
- [19] TRITEL (in opdracht van GHA), Mobiliteitsstudie Haven Antwerpen, 2011. Mobiliteitsstudie, bijhorende Excel database en geografisch toedelingsmodel.

Bijlage 1

EVV kaarten “Aantal gereden kilometers lichte voertuigen” en “Aantal gereden kilometers zware voertuigen”

Voor het perceel Wegverkeer wordt hieronder beschreven hoe onderstaande EVV kaarten “Aantal gereden kilometers lichte voertuigen” en “Aantal gereden kilometers zware voertuigen” tot stand zijn gekomen.



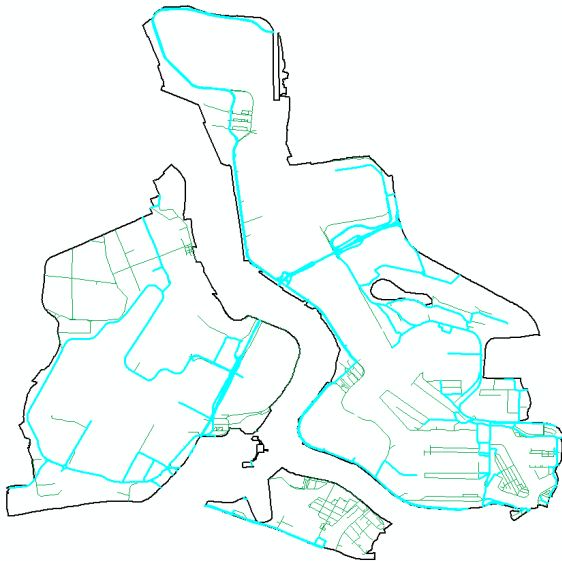
Voor het havengebied zijn drie verschillende studies beschikbaar met verkeerstellingen. Deze drie databronnen brachten elk verschillende aspecten aan, zodat ze gecombineerd werden om een zo'n goed mogelijke inschatting te maken van het aantal gereden kilometers over de wegen van het studiegebied. Om maximaal af te stemmen met de beschikbare emissiefactoren wordt een onderscheid gemaakt tussen lichte (personenwagens) en zware voertuigen (vrachtwagens).

Het gaat om de volgende drie studies:

- Wegsegmenten.shp (GIS aanlevering 1/12/2011): aantal lichte en zware voertuigen per uur voor dag, nacht en avondperiode. Voor het studiegebied waren slechts intensiteiten gekend voor de belangrijkste wegen met voornamelijk doorgaand verkeer. In totaal gaat het om 57km aan lijnsegmenten met verkeersgegevens.
- Modelondersteuning LEZ Havengebied Antwerpen (mei 2011): aandeel havengebonden en doorgaand verkeer personenwagens en vrachtwagens avondspits 17-18u. Dit bestand is veel meer gebiedsdekkend (191 km), maar geeft enkel voor de avondspits de intensiteit weer.
- Export VISUM: voor ochtendspits (8-9u) en avondspits (17-18u) aantal personenwagens en aantal vrachtwagens voor 178km aan lijnsegmenten.

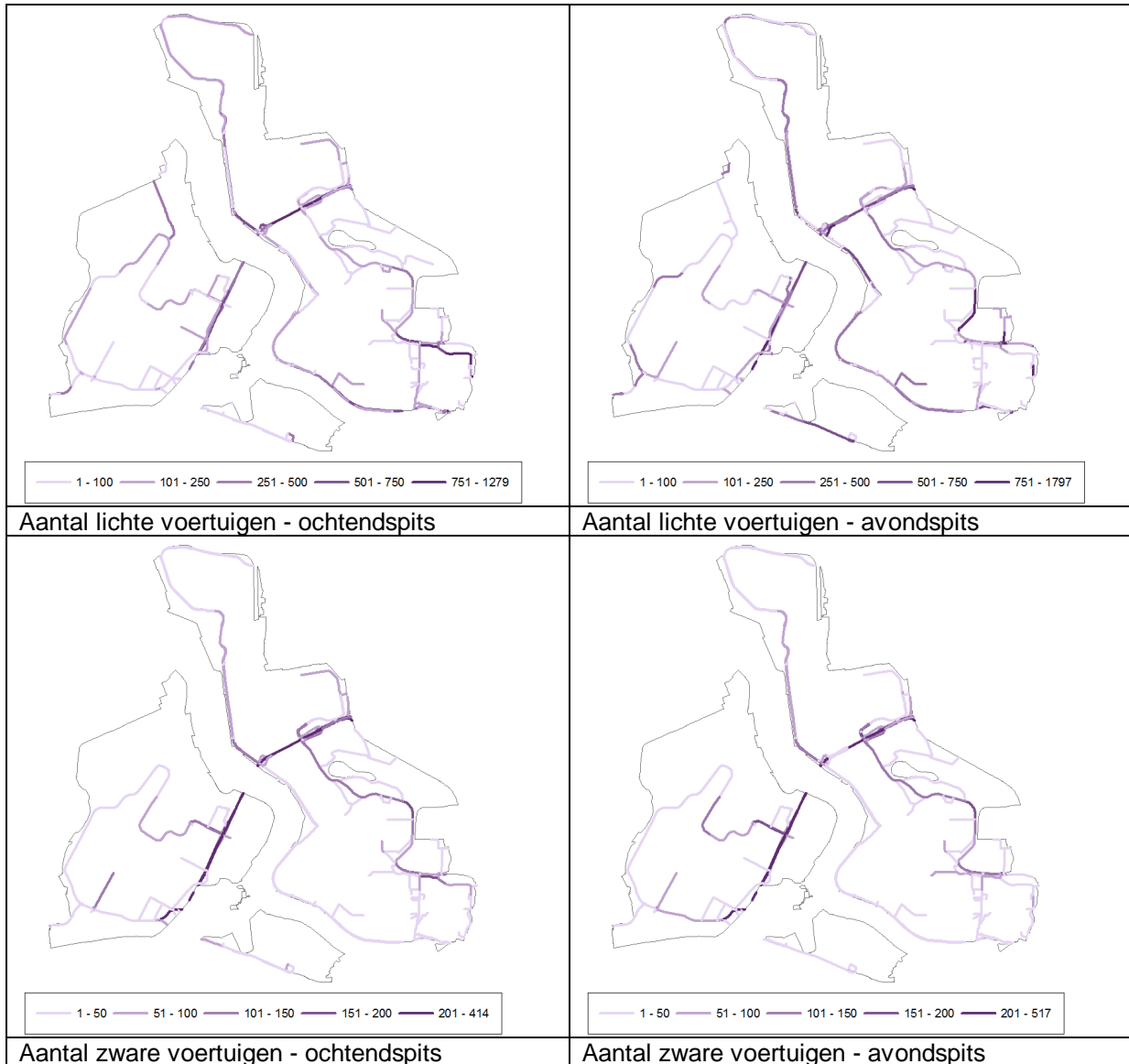
Dit laatste bestand levert de basis waar fracties afgeleid uit de andere studies aan werden gekoppeld om zo goed mogelijk te extrapoleren. Er werd voor dit vertrekbestand gekozen omdat het de meest recente verkeersgegevens bevat met een goede bedekkingsgraad voor het havengebied.

Het basisbestand



Bovenstaande figuur situeert alle lijnsegmenten die in de VISUM studie aan bod kwamen, waarbij de in cyaan gemarkeerde segmenten diegene zijn die minstens 1 telling bevatten (aantal voertuigen groter dan nul). Meestal zijn vier voertuigaantallen beschikbaar: het aantal personenwagens en vrachtwagens in de ochtendspits (8-9u) en de avondspits (17-18u). Vaak gaat het om twee segmenten vlak boven mekaar die verwijzen naar de twee rijrichtingen. Deze twee segmenten werden geaggregeerd tot één en het aantal voertuigen werd opgeteld. Dit resulteert in 594 lijnsegmenten (met unieke verkeersgegevens aan gekoppeld) die in totaal een afstand van 178 km overbruggen.

Het aantal kilometers op jaarbasis, afgelegd tijdens de twee gemeten spitsuren (ochtend en avond), bedraagt 36.491.823 voor lichte voertuigen en 12.844.749 voor zware voertuigen. Onderstaande figuren tonen de trends per VISUM segment, met onderscheid tussen ochtendspits en avondspits en tussen lichte en zware voertuigen.



Extrapolatie

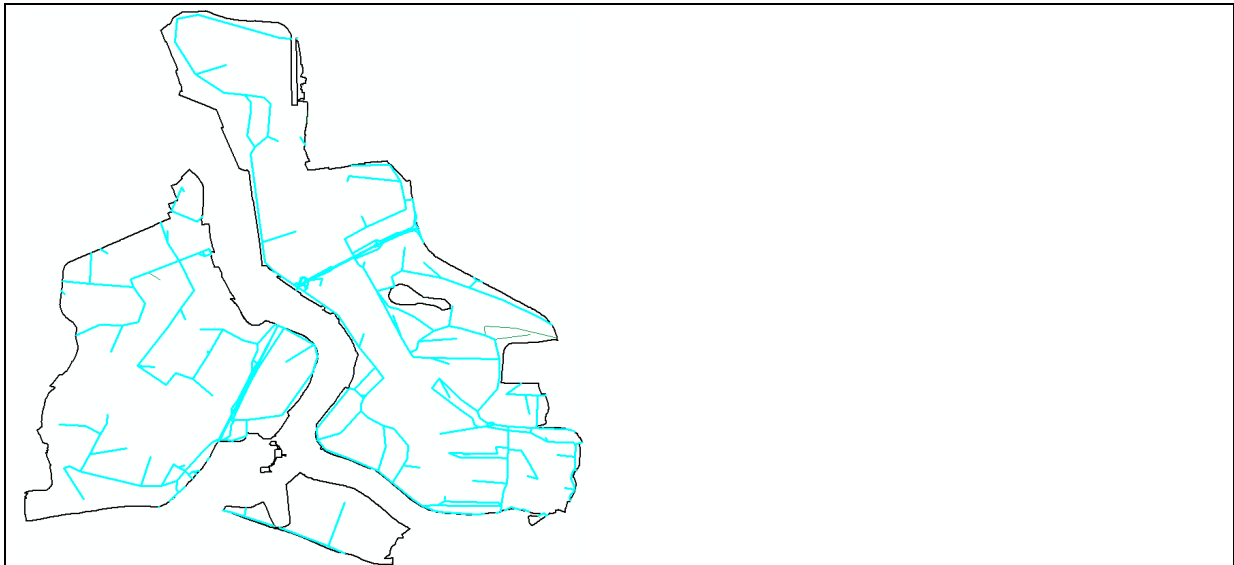
In dit onderdeel wordt beschreven hoe een inschatting wordt gemaakt over de verhouding van de spitsuurintensiteiten tov het verkeer van een ganse dag. De extrapolatie verliep in drie stappen. Ten eerste werd onderzocht welke wegsegmenten voornamelijk een havengebonden verkeer hadden en welke eerder doorgaand verkeer. Hiervoor werden de resultaten van de studie "Modelondersteuning LEZ" gebruikt.

Deze informatie werd in de tweede stap gebruikt om afhankelijk van het type verkeer een andere extrapolatie toe te passen voor de overige uren binnen een dagfase (7-19u) en tenslotte werd de eerste studie gebruikt om ook een inschatting te maken van de intensiteiten voor de avond- en de nachtperiode.

A) Resultaten Modelondersteuning LEZ

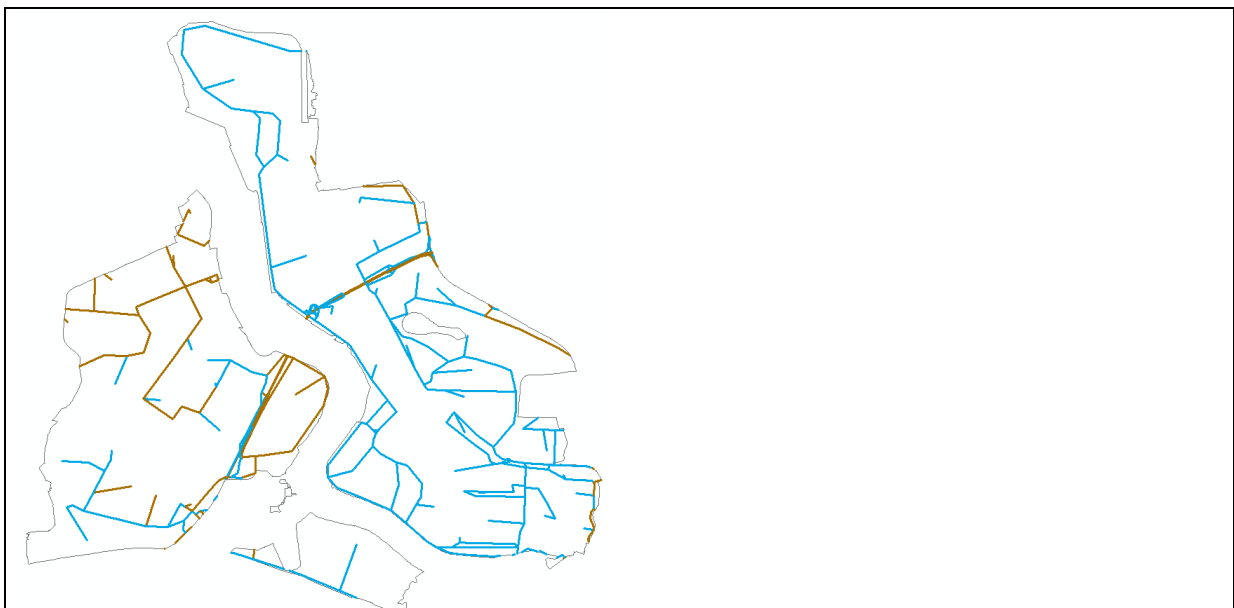
Bijgevoegde figuur beschrijft de lijnsegmenten die voor het jaar 2007 beschikbaar waren. In cyaan gemarkeerd zijn de lijnsegmenten met verkeersgegevens. Het gaat in totaal om 191 km. Uit dit bestand kan voor elk lijnsegment de fractie havengebonden verkeer voor personenwagens en vrachtwagens afgeleid worden, van toepassing op de avondspits 17-18u. Aangezien op basis van dit lijnenbestand een ruimtelijke koppeling zal plaatsvinden met het VISUM bestand, worden

hier ook de lijnsegmenten die boven mekaar liggen wegens twee rijrichtingen geaggregeerd tot één en de intensiteiten opgeteld.

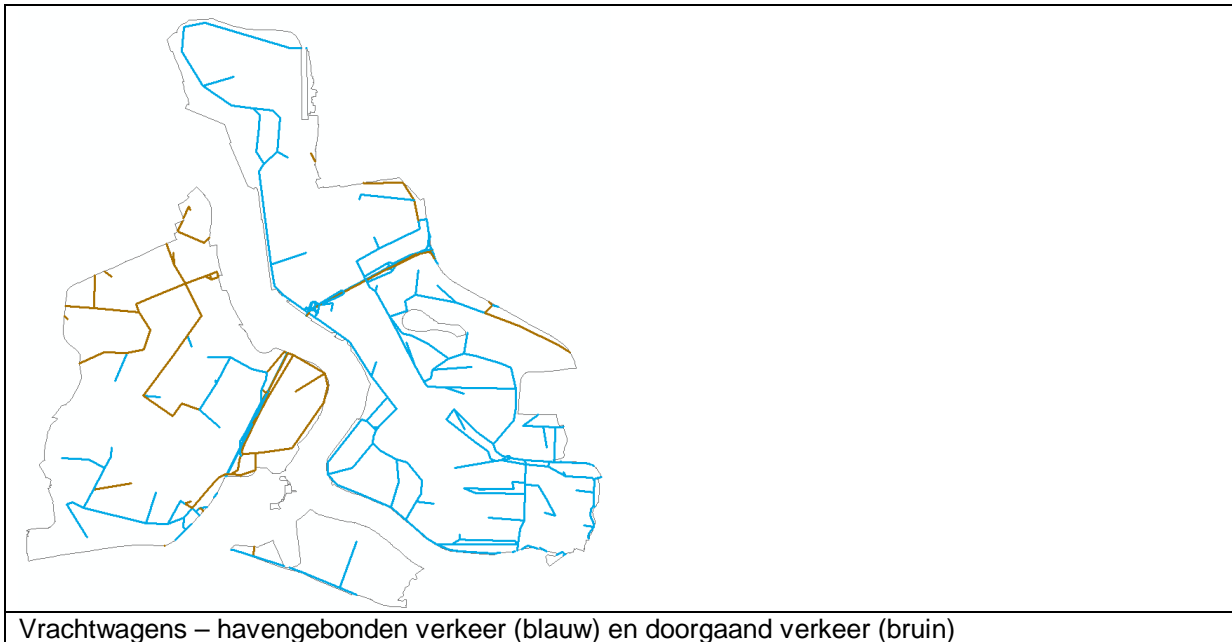


Lijnsegmenten LEZ-studie (cyaan gemarkeerd = met verkeersgegevens)

In volgende twee figuren werden voor de lijnsegmenten van de LEZ-studie een typologie bepaald: havengebonden of doorgaand verkeer. Wanneer meer dan de helft van de voertuigen een havengebonden verplaatsing maakt op dit lijnsegment, dan wordt het gedefinieerd als havengebonden. Voor personenwagens heeft 130 van de 191km aan lijnsegmenten een havengebonden verkeer. Voor vrachtwagens gaat het om 143km.



Personenwagens – havengebonden verkeer (blauw) en doorgaand verkeer (bruin)



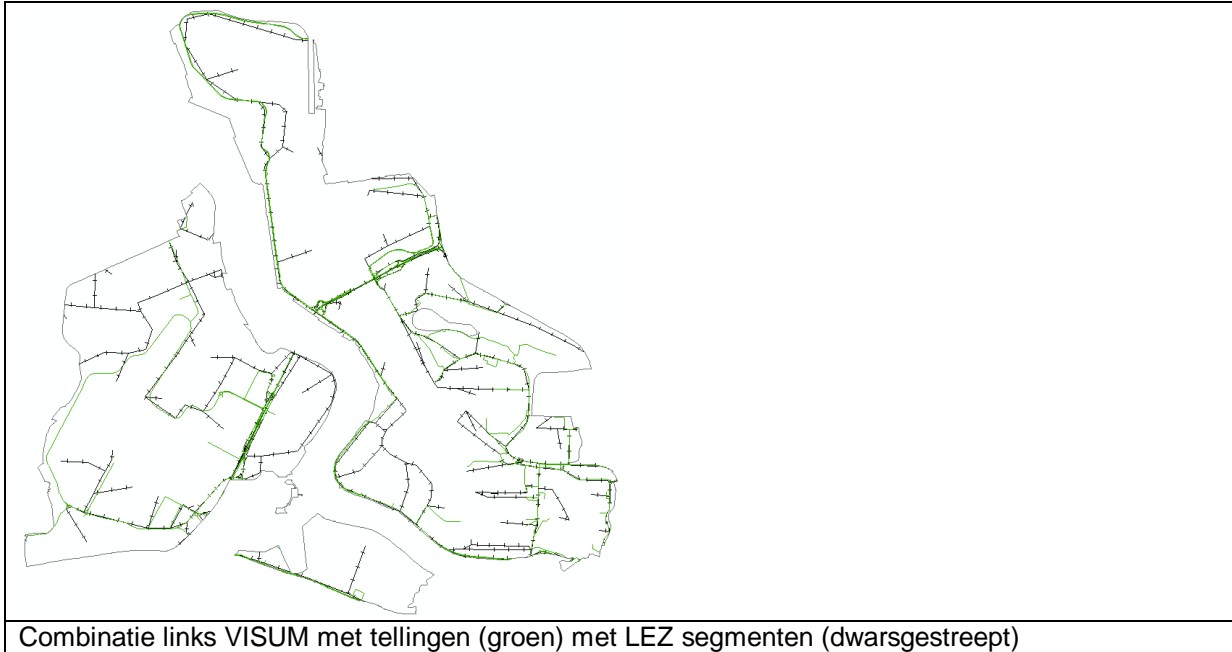
B) Extrapolatie naar overige uren binnen dagperiode

Vervolgens moet deze typologie gekoppeld worden aan de VISUM segmenten. De volgende figuur toont de combinatie van de VISUM segmenten (in het groen) met de lijnsegmenten uit de LEZ-studie (dwarsgestreept). Hieruit blijkt dat een ruimtelijke koppeling tussen de twee databronnen zinvolle combinaties oplevert aangezien beide bestanden relatief gebiedsdekkende informatie bevatten voor het studiegebied. 80% van de VISUM lijnsegmenten worden immers gekoppeld aan LEZ-segmenten die op minder dan 25m van mekaar vandaan liggen.

Bovenstaande typologie werd toegevoegd aan de VISUM lijnsegmenten om een onderscheid te kunnen maken in extrapolatie voor de overige uren van de periode 7-19u.

Er wordt aangenomen dat havengebonden verkeer een vrij continue intensiteit doorheen de dag toont, zeker in vergelijking met doorgaand verkeer. Bijgevolg zal voor een lijnsegment met havengebonden verkeer het gemiddeld aantal voertuigen van de ochtend- en avondspits genomen worden als representatief voor alle uren van de periode 7-19u.

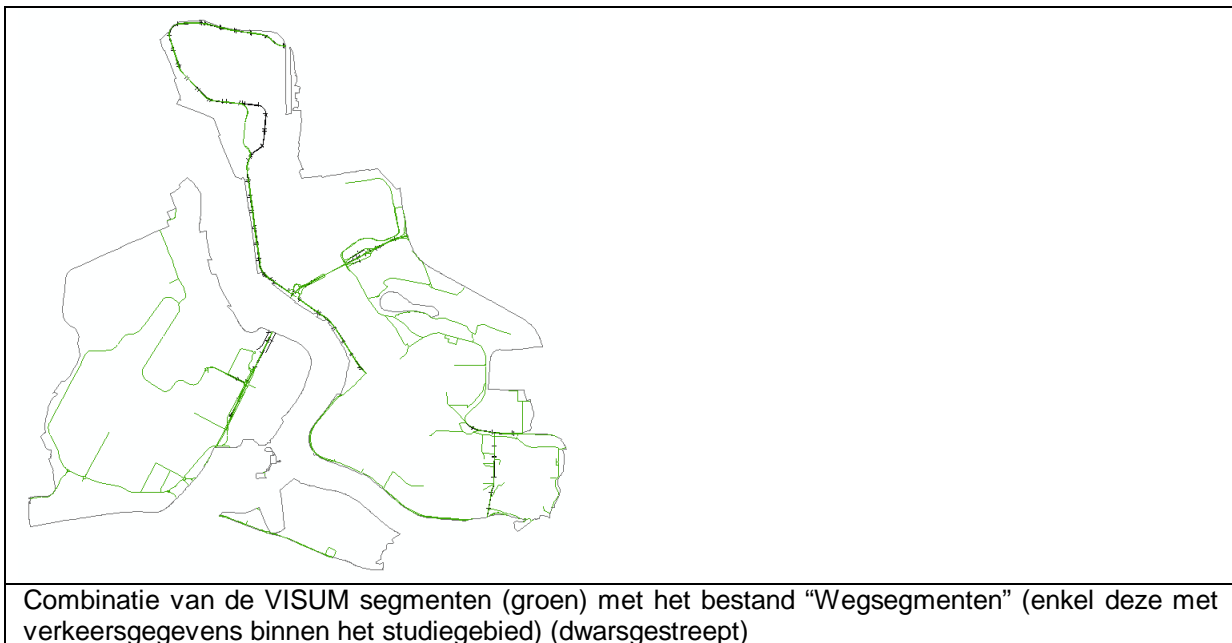
Voor lijnsegmenten met doorgaand verkeer, waarbij de verkeersintensiteiten sterker fluctueren over de dag, wordt aangenomen dat het aantal voertuigen van de ochtend- en avondspits de helft van alle voertuigen uitmaken voor de periode 7-19u. Wanneer 100 auto's voorbijkomen gedurende de dag (7-19u), dan zullen er 50 gepasseerd zijn tijdens de twee spitsuren. Dus intensiteit tijdens spits = 25 auto's per uur, intensiteit buiten de spits = 5 auto's per uur.



C) Extrapolatie naar avond- en nachtperiode

Tenslotte werden ook verkeersgegevens uit de eerst gemelde studie meegenomen om ook een inschatting te kunnen doen van de verkeersintensiteit van de avond- (19-23u) en nachtperiode (23u-7u). Dit bestand bevat immers het aantal lichte en zware voertuigen voor de drie periodes en laat toe om extrapolatiecoëfficiënten te bepalen.

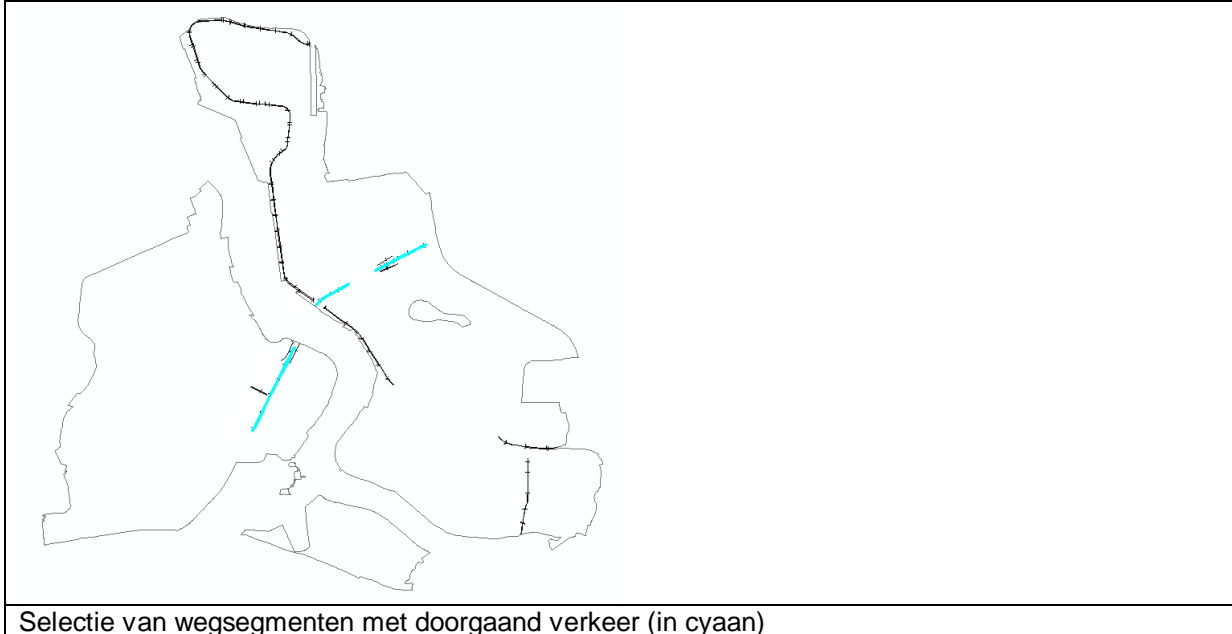
Onderstaande figuur toont de combinatie van dit bestand met de VISUM segmenten.



Uit bovenstaande kaart moet blijken dat een ruimtelijke koppeling tussen de twee bestanden geen goede resultaten biedt, aangezien er maar weinig wegsegmenten met tellingen beschikbaar zijn (57km) en het bovendien vooral gaat om de grotere wegen. Daarom wordt ervoor geopteerd om te werken met een gemiddelde extrapolatiecoëfficiënt voor het studiegebied, wel nog

opgesplitst naar gelang het een havengerelateerd segment of eerder om doorgaand verkeer gaat.

Volgende figuur toont in cyaan de lijnen uit het wegsegmentenbestand dat bestempeld wordt als doorgaand verkeer. Het gaat hier om 19% van de gemeten afstand (11 op 57km). De rest is havengebonden.



Selectie van wegsegmenten met doorgaand verkeer (in cyaan)

Het aantal voertuigen per uur voor de dagperiode (7-19u) is gekend uit deel B. In volgende tabel worden dan de extrapolatiecoëfficiënten weergegeven voor de nacht en de avondperiode. Hierbij moet opgemerkt worden dat er geen lichte voertuigen geteld waren voor de nachtperiode voor de lijnsegmenten van het type doorgaand verkeer. Dit lijkt eerder om een slechte staalname te gaan dan om de realiteit. Er werd voor gekozen om dezelfde trend te gebruiken als voor de havengebonden lijnsegmenten.

Havengebonden	verhouding nacht/dag	verhouding avond/dag
licht verkeer	0,4	0,32
zwaar verkeer	0,43	0,30
Doorgaand		
licht verkeer	0,4	0,59
zwaar verkeer	0,2	0,37

De extrapolatie-oefening resulteert in een totaal aantal jaarlijks gereden kilometers van **250.699.103** voor de lichte voertuigen en **89.333.520** voor zware voertuigen. De aantallen zijn ook gekend per VISUM lijnsegment en zullen bijgevolg gespreid worden over alle gridcellen die aan deze lijnsegmenten grenzen.

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Remslijtage wegverkeer

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

Remslijtage

1 Korte omschrijving van de emissiebron

Deze factsheet bevat een rekenmethode voor de emissies ten gevolge van slijtage van remvoeringen in het wegverkeer. Slijtage van remvoeringen en depositie van de stofdeeltjes in het milieu is vooral voor koper een belangrijke bron. Naast koper worden ook emissie berekend voor cadmium, nikkel, lood en zink.

Remslijtage wordt in het Antwerpse havengebied beschouwd als een indirecte bron, omdat de emissies via afspoeling van verharde oppervlakten (kaden) of via de regenwaterafvoer – riolering in het oppervlaktewater terechtkomen. Deze regenwaterafvoer is niet aangesloten op RWZI's in het studiegebied.

Remslijtage wordt ingedeeld bij de activiteit wegverkeer.

2 Berekeningswijze van de emissies

De emissies worden afzonderlijk berekend voor de verschillende voertuigcategorieën. Emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV), hier het aantal verreden kilometers in het Antwerpse havengebied, met een emissiefactor (EF), uitgedrukt in emissie per eenheid van de EVV.

$$E_s = EVV \times EF \quad (1)$$

Waarbij:

E_s	=	emissie van stof s door remslijtage (kg stof s/jaar)
EVV	=	verkeersprestatie, afgelegde afstand in de haven van Antwerpen (km/jaar)
EF	=	emissiefactor (kg/km)

De emissie van zware metalen kan worden berekend als een fractie van de geproduceerde stof:

$$E_x = E_s \times X \quad (2)$$

Waarbij

E_x	=	emissie van component X (kg X/jaar)
X	=	gehalte aan component X van de remvoering (-/-)

De op deze wijze berekende emissie wordt de bruto emissie genoemd. Een specifiek deel hiervan komt terecht in het oppervlaktewater: de netto belasting van het oppervlaktewater.

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

De EVV is de totale verkeersprestatie van de verschillende soorten voertuigcategorieën. De gegevens over de verkeersprestatie worden beschreven in de factsheet bandenslijtage. Schattingen van de vervoersprestatie van het wegverkeer en van havengebonden werktuigen worden overgenomen uit de factsheet bandenslijtage.

Tabel 1 geeft de totale verkeersprestatie per jaar.

Tabel 1: totale verkeersprestatie havengebied Antwerpen (km/jaar) in 2010, 2015 en 2020.

Vervoersprestatie per jaar (km)					
voertuigcategorie	2010	hoog scenario		laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
<i>wegverkeer (doorgaande wegen)</i>					
Licht	250 699 103	329 260 483	346 736 774	283 413 709	283 644 679
Zwaar	89 333 520	117 327 895	123 555 354	100 990 965	101 073 268
<i>Concessieterreinen aan kades</i>					
Havengebonden voertuigen	15 122 117	20 656 830	31 044 609	17 684 731	18 506 304

Voor de jaren 2015 en 2020 wordt de vervoersprestatie berekend aan de hand van prognoses die door GHA zijn aangeleverd [1] . In de prognoses wordt onderscheid gemaakt in twee verschillende scenario's; Scenario hoog en scenario laag. Bij het hoge scenario wordt voor het wegverkeer een groei van 31% verwacht in 2015 en 38% in 2020 (beide t.o.v. 2010). Het lage scenario geeft gelijke prognoses voor 2015 en 2020 van 13% (beide t.o.v. 2010).

De groei van het verkeer door havengebonden werktuigen is gekoppeld aan de voorspelde groei van het zeescheepvaartvervoer bij de verschillende scenario's: in het hoog scenario 37% in 2015 en 50% in 2020, in het laag scenario 17% in 2015 en 22% in 2020. De prognoses zijn verwerkt in tabel 1.

4 Emissiefactoren

Emissiefactoren voor stof uit remvoeringen

Emissiefactoren voor stof uit remvoeringen kunnen worden berekend als:

$$\text{gewicht remvoeringen (mg)} * \text{slijtage voor vervanging (-/-) / levensduur (km)}$$

In de afgelopen jaren hebben verschillende onderzoeksgroepen schattingen gemaakt voor de totale emissiefactor uit remvoeringen. Een deel van deze emissiefactoren (bijvoorbeeld Pagotto et al. [2] en Luhana et al.[3]), zijn gebaseerd op bovenstaande massabalans. Andere emissiefactoren zijn verkregen door interpretatie van metingen. Voor de emissiefactoren gebaseerd op metingen lopen de resultaten nogal uiteen, van 1 tot 100 g/km. Hierbij moet in het achterhoofd worden gehouden dat metingen vaak niet direct een emissiefactor opleveren. Er wordt vaak in een bepaald compartiment, lucht, bodem, oppervlaktewater gemeten. De berekende factor voor dat compartiment kan niet direct herleid worden naar een algemene emissiefactor vanuit de bron zelf. Daarbij dient rekening gehouden te worden met emissies naar verschillende compartimenten.

In de Nederlandse factsheet [4] is een tabel opgenomen met data uit de literatuur betreffende remslijtage en de verdeling naar fracties grof stof. Hieruit blijkt dat er veel variatie is aan gegevens per voertuigcategorie. Aangezien de verkeersstellingen in het Antwerps Havengebied zich toespitsen op licht en zwaar wegverkeer wordt de remslijtage voor de lichte voertuigen (personenauto's, bestelauto's, motorfietsen, etc.) gelijk gehouden aan de slijtage voor personenauto's. De remslijtage voor zware voertuigen (vrachtauto's, trekkers, autobussen, etc.) wordt gelijk gesteld aan de slijtage voor vrachtauto's. Voor de havengebonden voertuigen is er in de Nederlandse factsheet geen factor afgeleid. Wel zijn er factoren voor lichte- en zware speciale voertuigen, 16,1 resp. 52,7 mg per voertuigkilometer. Omdat beide voertuigen rondrijden op de concessieterreinen is er voor deze factsheet gekozen om een gemiddelde factor aan te houden. In tabel 2 is de emissie grof stof per voertuigklasse aangegeven.

Tabel 2: Emissie aan grof stof door remslijtage per voertuigklasse [mg/voertuigkm]

voertuigklasse	remslijtage (mg/voertuig.km)
Licht	16,1
Zwaar	52,7
Havengebonden werktuigen	35,1

Kopergehalte en gehalte aan andere metalen

Het stof, afkomstig van remvoeringen is complex van samenstelling. Het bevat resten van de remvoeringen, welke bestaan uit metallische fibers (vooral koper, zink, lood en antimoon), anorganisch vulmateriaal (bijvoorbeeld goedkope metaaloxiden zoals bariumoxide of kleiachtig materiaal) en wrijvingsmodificatoren (koolstof, grafiet), bij elkaar gehouden door veelal fenol-formaldehyde harsen. Daarnaast bevat het stofresten van de remschijf (veelal ijzer-nikkel-zink legeringen) en de remolie (specifieke organische componenten als n-alkaanzuren of polyalkeenglycol ethers).

Aan het kopergehalte in de remvoeringen wordt in de literatuur veel aandacht besteed. Schattingen van dit kopergehalte zijn in vergelijking met veel andere metalen redelijk consistent en lopen uiteen van 5% tot 15% [4]. Van Hyfte [5] geeft een inventarisatie van beschikbare literatuur en schat op basis van beschikbare Europese studies het gemiddelde kopergehalte op 10%.

De belangrijkste andere metaalverontreinigingen qua omvang en toxiciteit zijn cadmium, nikkel, lood en zink. In de Nederlandse factsheet zijn verschillende literatuuronderzoeken naast elkaar gezet. Tabel 3 geeft de metaalgehalten van stof van remvoeringen in mg/kg gevormde stof, op basis van de gebruikte literatuur.

Tabel 3: Metaalgehalte van stof van remvoeringen (mg/kg gevormd stof).

stof	emissiefactor
koper	100 000
cadmium	10
nikkel	100
lood	10 000
zink	10 000

Er zijn geen ontwikkelingen aangetroffen in de geraadpleegde literatuur omtrent emissiefactoren en kopergehalte van de remvoeringen.

5 Geografische lokaties

Wegverkeer

Voor de inschatting van het aantal gereden kilometers door lichte en zware voertuigen op de wegen van het havengebied is een methode uitgewerkt die maximaal gebruik maakt van de drie ruimtelijke databronnen die hiervoor beschikbaar zijn:

Wegsegmenten.shp (GIS aanlevering 1/12/2011): aantal lichte en zware voertuigen per uur voor dag, nacht en avondperiode. Voor het studiegebied waren slechts intensiteiten gekend voor de belangrijkste wegen (57km).

Modelondersteuning LEZ Havengebied Antwerpen (mei 2011): aandeel havengebonden en doorgaand verkeer personenwagens en vrachtwagens avondspits 17-18u voor 191 km aan lijnsegmenten.

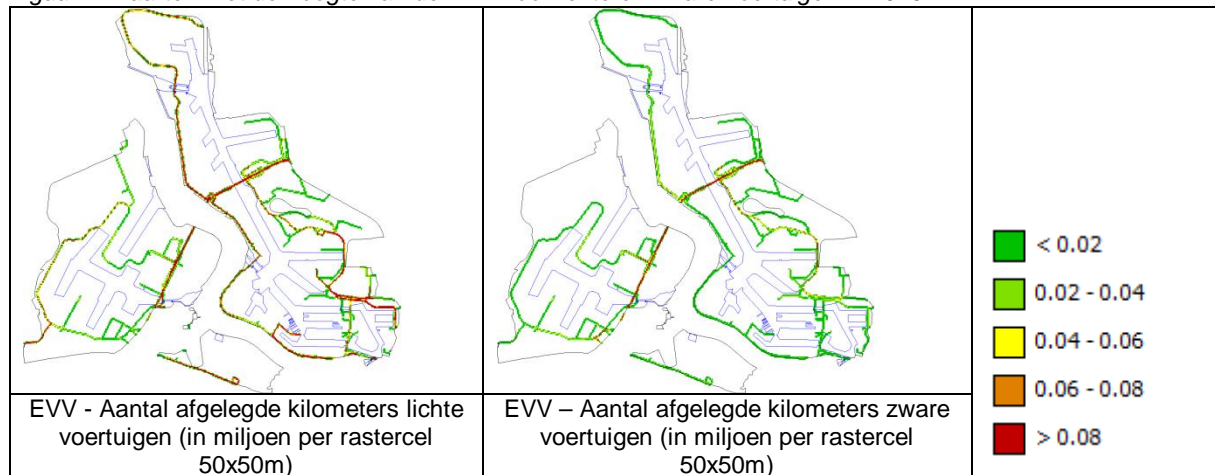
Export VISUM (GIS aanlevering 11/04/2012) [10]: voor ochtendspits (8-9u) en avondspits (17-18u) aantal personenwagens en aantal vrachtwagens voor 178km aan lijnsegmenten.

Er wordt uitgegaan van de meest recente studie, namelijk van de lijnsegmenten met verkeersgegevens zoals gedefinieerd in de TRITEL-studie [10]. De twee andere studies worden gebruikt om een extrapolatie te doen naar de overige perioden van de dag. Hierbij wordt rekening

gehouden met het onderscheid tussen wegen die voornamelijk havengebonden verkeer bevatten en wegen met vooral doorgaand verkeer.

De extrapolatie-oefening resulteert in een totaal aantal jaarlijks gereden kilometers van 250.699.103 voor de lichte voertuigen en 89.333.520 voor zware voertuigen. De aantallen zijn gekend per lijnsegment en zullen bijgevolg gespreid worden over alle gridcellen die aan deze lijnsegmenten grenzen. Voor een gedetailleerde beschrijving van de verwerking van deze gegevensbronnen wordt verwezen naar bijlage 1.

Figuur 1: Kaarten met de hoogte van de EVV voor lichte en zware voertuigen in 2010.

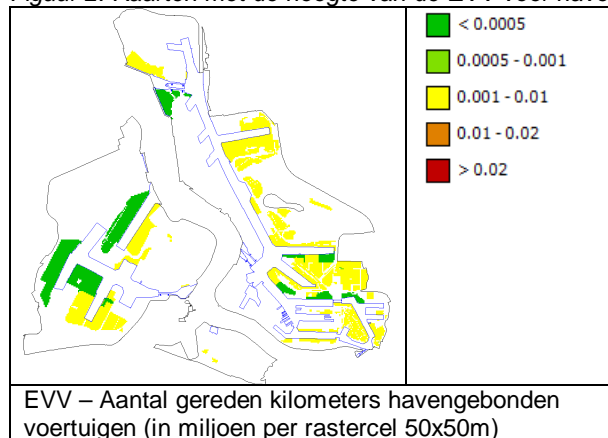


Regionalisatie van havengebonden voertuigen

Havengebonden voertuigen verplaatsen zich alleen op de kades. Vooral om schepen te laden en te lossen. Een deel van de activiteit zal ook het vervoeren van de lading naar vrachtverkeer inhouden. Voor de emissieschattingen zijn niet alleen de smalle stroken langs het dok meegenomen, zie figuur 2. De emissie worden gespreid over het gehele geselecteerde terrein.

Een uitgebreide toelichting op de regionalisering van de berekening en verdeling van de emissies door de havengebonden voertuigen is opgenomen in paragraaf 3. Figuur 2 geeft de verdeling van de EVV voor de havengebonden voertuigen. Het aantal gereden kilometers door havengebonden voertuigen wordt ingeschat op 15,1 miljoen.

Figuur 2: Kaarten met de hoogte van de EVV voor havengebonden voertuigen in 2010.



6 Emissieroutes en bruto-netto-emissie

Emissieroutes

De wegen in het Antwerpse havengebied zijn allen aangesloten op het regenwaterriool. Vermoed wordt dat alles wat afspoelt van het wegdek ook effectief in het regenwaterriool terechtkomt en zo uiteindelijk in het oppervlaktewater [6].

Er is een ruimtelijke analyse uitgevoerd op de geografische data over de afvoer die bij het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen aanwezig zijn om zo goed mogelijk in kaart te brengen waar de emissies in het oppervlaktewater (dokken of Schelde) terechtkomen. Zo werden er 210 lozingspunten gedefinieerd met telkens een achterliggend aanvoergebied. Voor de beschrijving van deze ruimtelijke analyse wordt verwezen naar het rapport.

Havengebonden werktuigen zijn actief op verharde terreinen langs de kaden. Deze terreinen hebben een afwateringssysteem dat rechtstreeks afwatert naar de dokken. In deze studie wordt alleen rekening gehouden met de verharde concessieterreinen [6]. Gegevens over de riolering van de concessieterreinen aan de kades ontbreken. In overleg met het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen wordt aangenomen dat alle emissies (havengebonden werktuigen) afspoelen naar het oppervlaktewater [6].

De verdelingspercentages over de compartimenten staat weergegeven in tabel 4.

Tabel 4: Verdelingspercentages voor wegdekslijtage naar compartimenten [%].

	Afspoeling naar oppervlaktewater	Regenwaterriool
wegverkeer	0	100
concessieterreinen aan kades	100	0

Voor kwantificering van de verdeling over de compartimenten wordt de methode van Van Hyfte [3] aangehouden, gebaseerd op de massabalans:

emissie naar grondoppervlak = vorming van remstof - deel dat aan voertuig blijft - deel geëmitteerd als fijn stof

In de Nederlandse factsheet wordt geschat [6] dat 31% van de remstof op de auto achterblijft, deels wordt verwijderd in autowasserijen, garages en autosloperijen en dus verder niet bijdraagt aan emissies naar lucht, bodem of water. Het deel geëmitteerd als fijn stof – naar compartiment lucht - wordt in de factsheet geschat op 49% [3]. Naar schatting 20% van het remstof (100% - 31% dat achterblijft aan het voertuig - 49% geëmitteerd als fijn stof) komt terecht op het grondoppervlak. Omdat voor het Antwerpse Havengebied wordt aangenomen dat 100% van de emissies van het wegverkeer afspoelt naar het regenwaterriool [6], wordt voor deze factsheet aangenomen dat de 20% remstof die terecht komt op het grondoppervlak geheel kan worden toegeschreven aan het verharde oppervlak en afhankelijk van het wegverkeer of de concessieterreinen in zijn geheel afspoelt naar het regenwaterriool of het oppervlaktewater. De verdeling van de emissies over de compartimenten staat weergegeven in tabel 5.

Tabel 5: Verdeling emissies over de compartimenten [%].

compartiment	gemiddeld binnen bebouwd gebied
blijft aan voertuig	31
naar lucht (vooral PM ₁₀)	49
naar riool of oppervlaktewater	20

Polluëntvorm

De emissies op oppervlaktewater van de geëmitteerde stoffen zullen het oppervlaktewater bereiken in gebonden vorm. De vrijkomende stoffen bij remslijtage zijn al gebonden aan het slijtsel van de remmen of zullen zich binden aan deeltjes tijdens het transport naar het oppervlaktewater, via het regenwaterriool en afspoeling. Zware metalen zijn redelijk oplosbaar maar zullen ook sorberen/gesorbeerd blijven op sedimentpartikels.

Bruto emissies

De bruto emissie van zware metalen is berekend door vermenigvuldiging van de emissieverklarende variabele (tabel 1) met de emissiefactoren voor grof stof uit tabel 2 en de emissiefactoren voor zware metalen uit tabel 3. Vervolgens is ook de verdeling naar de compartimenten (tabel 5) in de bruto cijfers verwerkt. Tabel 6 geeft de bruto emissie van zware metalen door remslijtage weer voor 2010, 2015 en 2020, voor zowel het hoge als het lage scenario.

Tabel 6: bruto emissies zware metalen door remslijtage (kg/jaar) voor de jaren 2010, 2015 en 2020.

Stof	hoog scenario			laag scenario	
	2010	2015	2020	2015	2020
koper	185	244	264	210	211
cadmium	0,019	0,024	0,026	0,021	0,021
nikkel	0,19	0,24	0,26	0,21	0,21
lood	19	24	26	21	21
zink	19	24	26	21	21

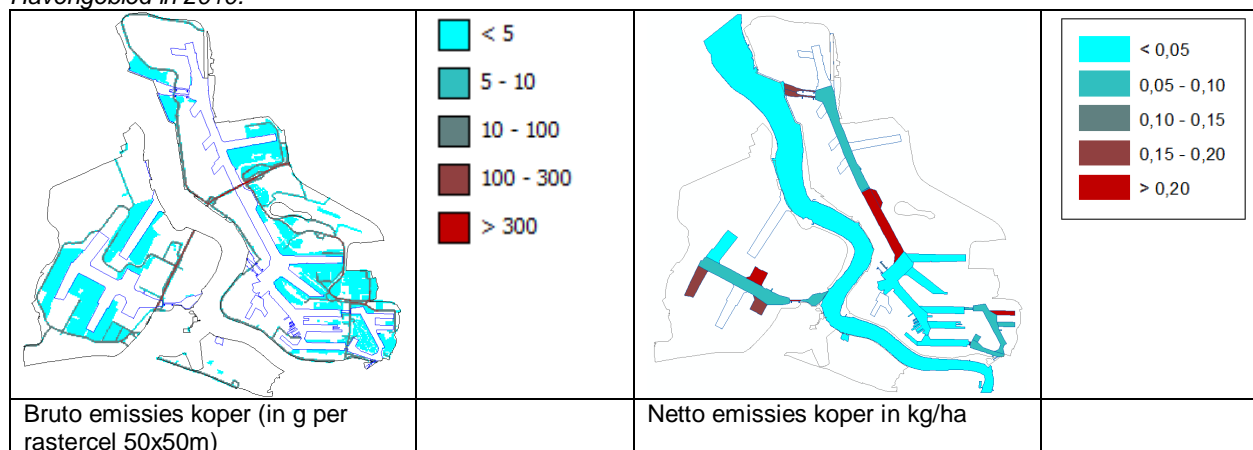
Netto emissies

De netto emissies zijn gelijk aan de bruto emissies en opgenomen in tabel 6. Het ruimtelijk verschil tussen bruto en netto emissies wordt aangetoond in paragraaf 7.

7 Koppeling aan GIS-data en kwantificering

In figuur 3 zijn de emissies, de bruto en de netto emissies, weergegeven in het Antwerpse Havengebied voor 2010.

Figuur 3: Kaarten met de hoogte van de bruto en netto emissies van koper door remslijtage in het Antwerpse Havengebied in 2010.



Tabel 7 toont de verdeling van het aantal gereden kilometers over linker- en rechteroever voor de drie types van voertuigen.

Tabel 7: de procentuele verdeling van het aantal kilometers over linker- en rechteroever in het Antwerpse havengebied in 2010.

	EVV (aantal gereden 10 ⁶ km)		
	LO	RO	totaal
Lichte voertuigen	24%	76%	251
Zware voertuigen	36%	64%	89
Havengebonden voertuigen	26%	74%	15
Totaal	97	258	355

In tabel 8 wordt de verdeling van de bruto en netto emissies over linkeroever, rechteroever en buitengebied weergegeven. Een deel van de bruto-emissies wordt immers afgevoerd naar de Schelde, dat hier als buitengebied gedefinieerd is aangezien het geen deel uitmaakt van het studiegebied.

Tabel 8: verdeling tussen bruto en netto emissies over linker- en rechteroever en buitengebied in kg/jaar voor 2010.

stof	bruto emissies (kg)			netto emissies (kg)			
	LO	RO	Totaal	LO	RO	buiten	Totaal
cadmium	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02
koper	56	129	185	44	91	51	185
nikkel	0,06	0,13	0,19	0,04	0,09	0,05	0,19
lood	5,6	12,9	18,5	4,4	9,1	5,1	18,5
zink	5,6	12,9	18,5	4,4	9,1	5,1	18,5

In tabel 9 staat de spreiding van de netto emissies over de verschillende dokzones en de Schelde weergegeven.

Tabel 9: Procentuele verdeling netto-emissies over de zones in 2010.

naam	aandeel netto emissies
Schelde	28%
Kanaaldok B1	19%
Kanaaldok B2	7%
Waaslandkanaal	6%
Duwvaart Schuiddok	6%
Noordelijk insteedok	5%
Verrebroekdok	5%
Albertdok	4%
Zuidelijk insteedok	3%
3e Havendok	2%
Churchilldok	2%
Doeldok	2%
Zandvlietsluis	2%
Berendrechtssluis	2%
Toegangseul KAS	1%
6e Havendok	1%
Amerikadok	1%
Leopolddok	1%
Kallosluis	1%
2e Havendok	0%
Noordkasteeldok	0%
Hansadok	0%
Albertkanaal	0%
5e Havendok	0%
4e Havendok	0%
Noordkasteelbrug	0%
Industriedok	0%
Verbindingsgeul LED-ALD	0%
Boudewijnsluis	0%

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de werkwijze die in de publicatiereeks Emissieregistratie wordt aangehouden [7]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (CORE emission INventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

De emissieverklarende variabele (verkeersprestatie per wegtype) van het wegverkeer is geschat aan de hand van meetgegevens in de havens van Antwerpen in zowel 2006 als 2010 en krijgt een classificatie C. De EVV van havengebonden werktuigen is gebaseerd op gegevens die vrij goed bekend zijn. Daarom krijgt deze de classificatie B. Gecombineerd krijgt de EVV een classificatie C. In het algemeen kan worden gesteld dat de emissiefactoren gebaseerd zijn op een aantal onderzoeken in binnen- en buitenland. De resultaten van deze onderzoeken komen voor koper redelijk tot goed overeen. Op grond hiervan kan voor de emissiefactor voor koper de classificatie B worden aangehouden. Voor de overige metalen is wat meer onzekerheid en krijgt daarom de classificatie D.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten krijgt een D en de emissieroutes naar water krijgt een C in deze factsheet beide. Er wordt nu van uit gegaan dat het wegwater 100% afspoelt naar het regenwaterriool en de concessieterreinen 100% afspoelingen naar het oppervlaktewater. In werkelijkheid zal er ook een deel achterblijven in het slib van het regenwaterriool, op het verharde oppervlak of afspoelen naar de bodem.

De regionalisatie van de emissies tenslotte is vrij betrouwbaar, wat resulteert in een betrouwbaarheidsclassificatie B.

Tabel 10: Betrouwbaarheid onderdelen emissieberekening.

onderdeel emissieberekening	betrouwbaarheidsclassificatie
Emissieverklarende variabele	B
Emissiefactor koper	B
Emissiefactoren overige metalen	D
Verdeling compartimenten	D
Emissieroutes naar water	C
Regionalisatie	B

Verbeterpunten:

- Er zijn emissiefactoren bekend voor de verschillende typen voertuigen. Indien de verkeerstellingen rekenen houden met de voertuigcategorieën kan er per voertuigcategorie een emissie worden berekend, waardoor er nauwkeurigere schattingen gemaakt kunnen worden.
- De schattingen van het de vervoersprestaties per havengebonden werktuig zijn niet voor alle concessieterreinen bekend. Voor deze terreinen is een schatting gemaakt. inventarisatie per voertuig kan zorgen voor een nauwkeurigere schatting.
- Aangenomen wordt dat 100% van de emissie via het regenwaterriool terecht komt in het oppervlaktewater en 100% van de concessieterreinen aan kades afspoelt naar het oppervlaktewater. In werkelijkheid zal er ook een deel achterblijven in het slib van het regenwaterriool, op het verharde oppervlak of afspoelen naar de bodem.
- Voor de EF van de havengebonden voertuigen is in deze factsheet een gemiddelde in plaats van een gewogen gemiddelde aangehouden. Indien het gewogen gemiddelde, 27 mg/voertuigkm, wordt aangehouden zijn de bruto emissies als volgt:

	2010	2010 aangepast
koper	187	184
cadmium	0,019	0,018
nikkel	0,19	0,18
lood	19	18
zink	19	18

- Voor de Nederlandse EmissieRegistratie wordt gewerkt aan een update voor de emissiefactoren voor remslijtage. Eind 2012 komen deze factoren waarschijnlijk beschikbaar.

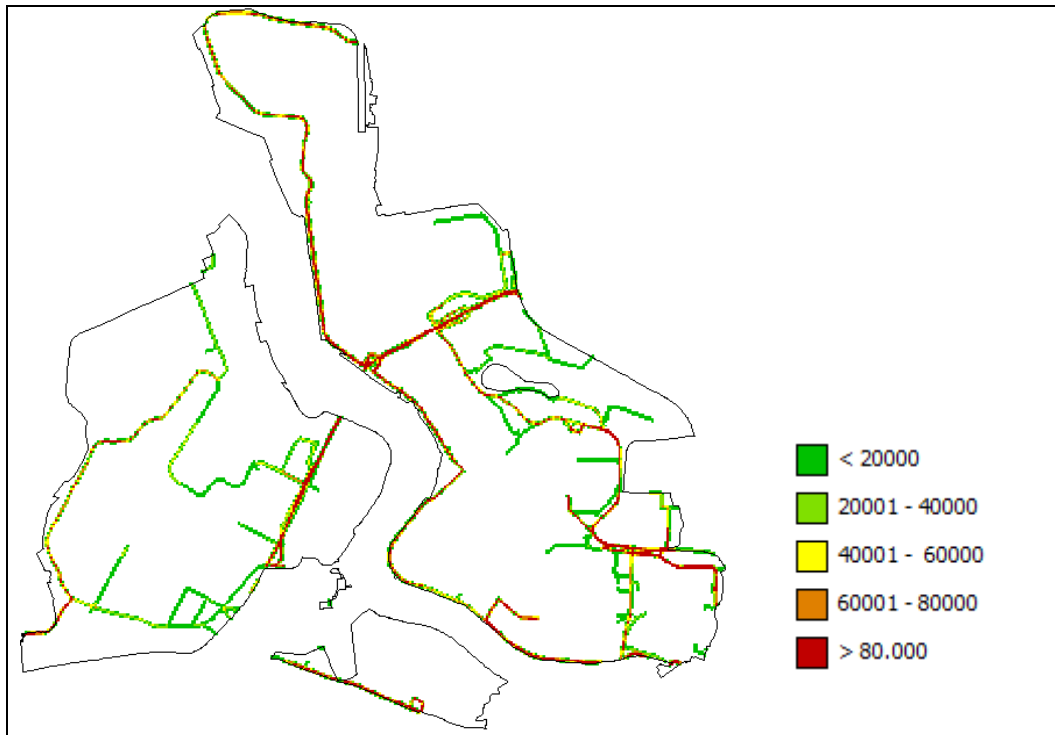
9 Referenties

- [1] Database “prognoses”, geleverd door GHA op 29 mei 2012, op basis van: ECSA, Verbeke A., Haezendonck E., Dooms M. iov GHA, Actualisatie van de maritieme prognoses van de Economische Ontwikkelingsstudie (EOS), 2011
- [2] Pagotto C., *Étude sur l'émission et le transfert dans les eaux et les sols des éléments traces métalliques et des hydrocarbures en domaine routier*. Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'Université de Poitiers.
- [3] Luhana L., Sokhi R., Warner L., Mao H, Boulter P., McCrae I., Wright J and Osborn D., *PARTICULATES - Characterisation of Exhaust Particulate Emissions from Road Vehicles, Deliverable 8, Measurement of non-exhaust particulate matter, Version 2.0 – October 2004*, University of Hertfordshire, College Lane, Hatfield, Herts AL10 9AB, UK, 2004.
- [4] Rijkswaterstaat – Waterdienst, Deltares, TNO. Emissieschattingen Diffuse bronnen, Factsheet Remslijtage, EmissieRegistratie juni 2011.
- [5] Van Hyfte A., et al., *EU Risk Assessment on Copper and copper compounds, Assessment of Regional Exposure, final draft, May 2005*, Ecolas, Antwerpen, België.
- [6] Tussentijds overleg met GHA, Deltares en VITO, 7 december 2011.
- [7] Most, P.F.J. van der et al., *Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water*. Publicatierreeks Emissieregistratie, nr. 44, juli 1998.
- [8] TRITEL (in opdracht van GHA), Mobiliteitsstudie Haven Antwerpen, 2011. Mobiliteitsstudie, bijhorende Excel database en geografisch toedelingsmodel.

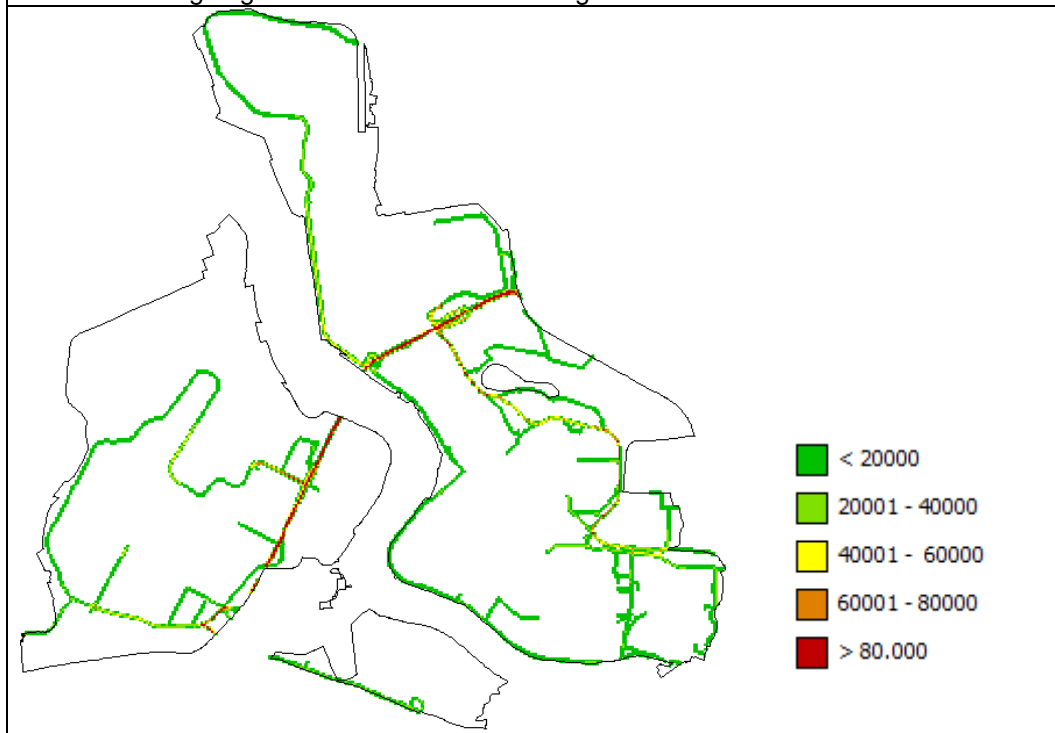
Bijlage 1

EVV kaarten “Aantal gereden kilometers lichte voertuigen” en “Aantal gereden kilometers zware voertuigen”

Voor het perceel Wegverkeer wordt hieronder beschreven hoe onderstaande EVV kaarten “Aantal gereden kilometers lichte voertuigen” en “Aantal gereden kilometers zware voertuigen” tot stand zijn gekomen.



EVV Aantal afgelegde kilometers lichte voertuigen



EVV Aantal afgelegde kilometers zware voertuigen

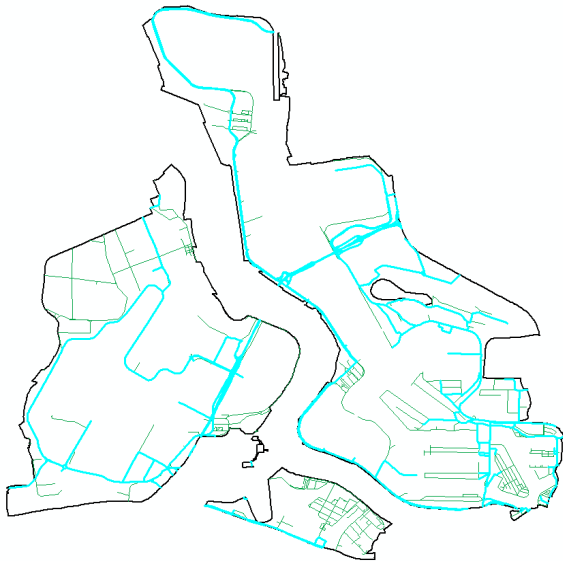
Voor het havengebied zijn drie verschillende studies beschikbaar met verkeerstellingen. Deze drie databronnen brachten elk verschillende aspecten aan, zodat ze gecombineerd werden om een zo'n goed mogelijke inschatting te maken van het aantal gereden kilometers over de wegen van het studiegebied. Om maximaal af te stemmen met de beschikbare emissiefactoren wordt een onderscheid gemaakt tussen lichte (personenwagens) en zware voertuigen (vrachtwagens).

Het gaat om de volgende drie studies:

- Wegsegmenten.shp (GIS aanlevering 1/12/2011): aantal lichte en zware voertuigen per uur voor dag, nacht en avondperiode. Voor het studiegebied waren slechts intensiteiten gekend voor de belangrijkste wegen met voornamelijk doorgaand verkeer. In totaal gaat het om 57km aan lijnsegmenten met verkeersgegevens.
- Modelondersteuning LEZ Havengebied Antwerpen (mei 2011): aandeel havengebonden en doorgaand verkeer personenwagens en vrachtwagens avondspits 17-18u. Dit bestand is veel meer gebiedsdekkend (191 km), maar geeft enkel voor de avondspits de intensiteit weer.
- Export VISUM: voor ochtendspits (8-9u) en avondspits (17-18u) aantal personenwagens en aantal vrachtwagens voor 178km aan lijnsegmenten.

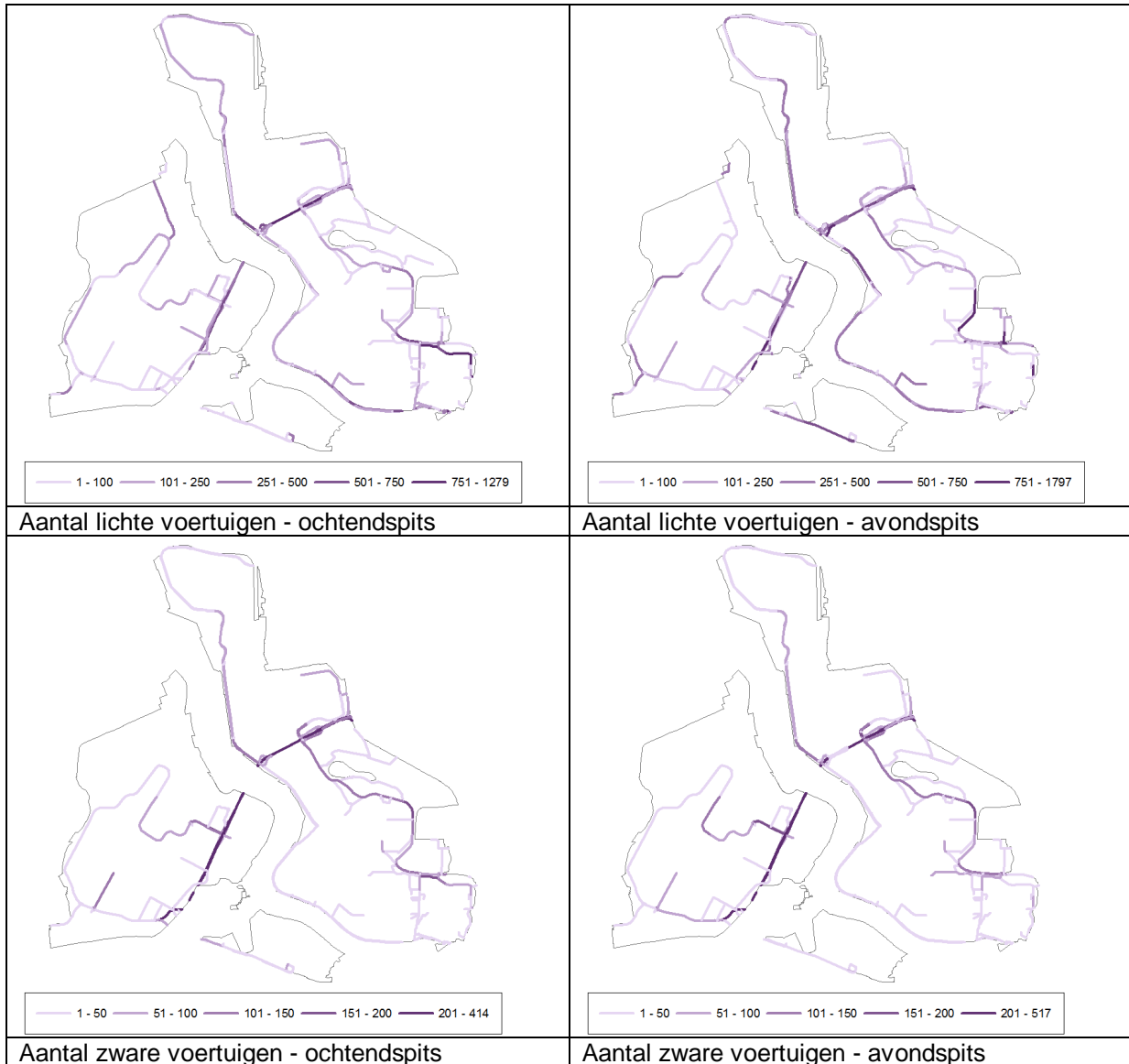
Dit laatste bestand levert de basis waar fracties afgeleid uit de andere studies aan werden gekoppeld om zo goed mogelijk te extrapoleren. Er werd voor dit vertrekbestand gekozen omdat het de meest recente verkeersgegevens bevat met een goede bedekkingsgraad voor het havengebied.

Het basisbestand



Bovenstaande figuur situeert alle lijnsegmenten die in de VISUM studie aan bod kwamen, waarbij de in cyaan gemarkeerde segmenten diegene zijn die minstens 1 telling bevatten (aantal voertuigen groter dan nul). Meestal zijn vier voertuigaantallen beschikbaar: het aantal personenwagens en vrachtwagens in de ochtendspits (8-9u) en de avondspits (17-18u). Vaak gaat het om twee segmenten vlak boven mekaar die verwijzen naar de twee rijrichtingen. Deze twee segmenten werden geaggregeerd tot één en het aantal voertuigen werd opgeteld. Dit resulteert in 594 lijnsegmenten (met unieke verkeersgegevens aan gekoppeld) die in totaal een afstand van 178 km overbruggen.

Het aantal kilometers op jaarbasis, afgelegd tijdens de twee gemeten spitsuren (ochtend en avond), bedraagt 36.491.823 voor lichte voertuigen en 12.844.749 voor zware voertuigen. Onderstaande figuren tonen de trends per VISUM segment, met onderscheid tussen ochtendspits en avondspits en tussen lichte en zware voertuigen.



Extrapolatie

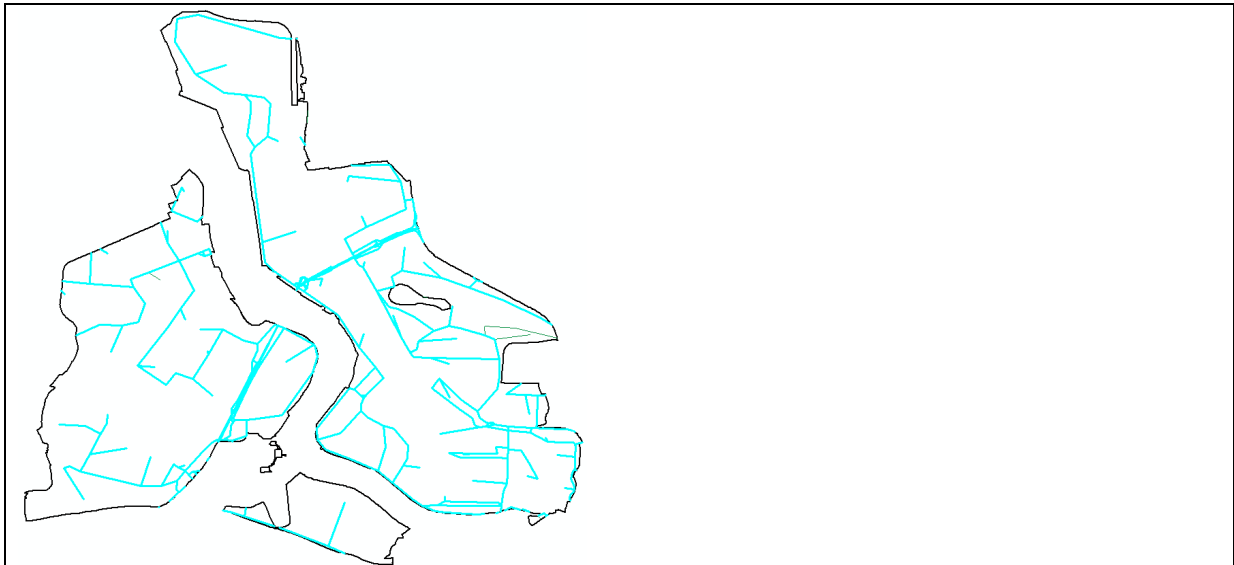
In dit onderdeel wordt beschreven hoe een inschatting wordt gemaakt over de verhouding van de spitsuurintensiteiten tov het verkeer van een ganse dag. De extrapolatie verliep in drie stappen. Ten eerste werd onderzocht welke wegsegmenten voornamelijk een havengebonden verkeer hadden en welke eerder doorgaand verkeer. Hiervoor werden de resultaten van de studie "Modelondersteuning LEZ" gebruikt.

Deze informatie werd in de tweede stap gebruikt om afhankelijk van het type verkeer een andere extrapolatie toe te passen voor de overige uren binnen een dagfase (7-19u) en tenslotte werd de eerste studie gebruikt om ook een inschatting te maken van de intensiteiten voor de avond- en de nachtperiode.

A) Resultaten Modelondersteuning LEZ

Bijgevoegde figuur beschrijft de lijnsegmenten die voor het jaar 2007 beschikbaar waren. In cyaan gemarkeerd zijn de lijnsegmenten met verkeersgegevens. Het gaat in totaal om 191 km. Uit dit bestand kan voor elk lijnsegment de fractie havengebonden verkeer voor personenwagens en vrachtwagens afgeleid worden, van toepassing op de avondspits 17-18u. Aangezien op basis van dit lijnenbestand een ruimtelijke koppeling zal plaatsvinden met het VISUM bestand, worden

hier ook de lijnsegmenten die boven mekaar liggen wegens twee rijrichtingen geaggregeerd tot één en de intensiteiten opgeteld.

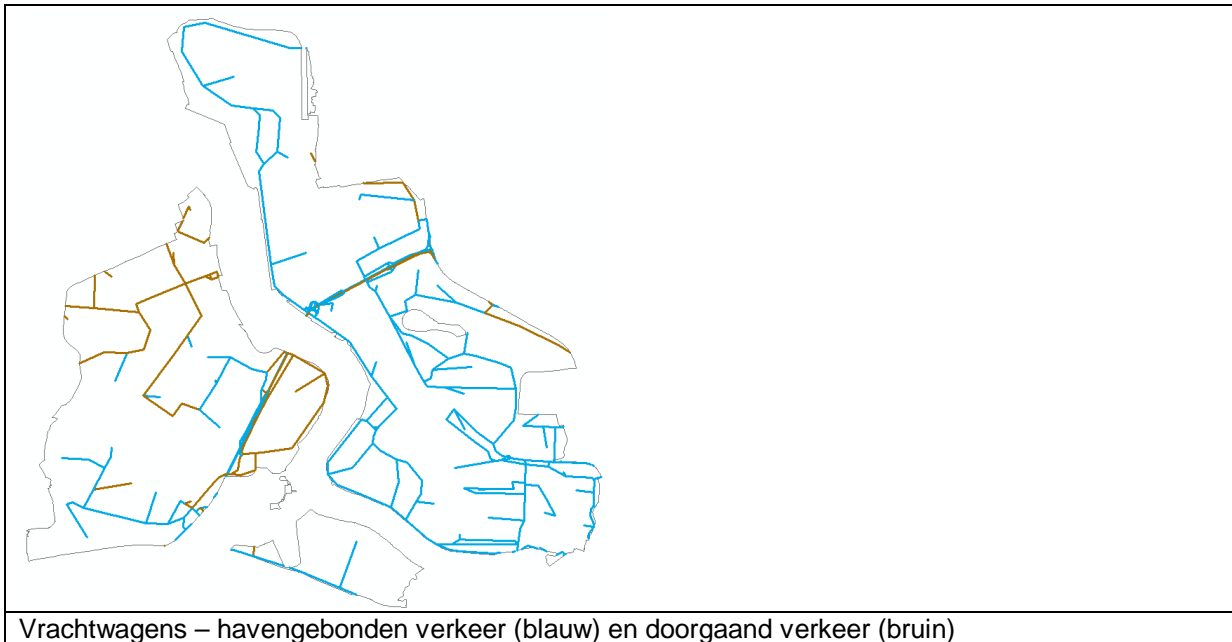


Lijnsegmenten LEZ-studie (cyaan gemarkeerd = met verkeersgegevens)

In volgende twee figuren werden voor de lijnsegmenten van de LEZ-studie een typologie bepaald: havengebonden of doorgaand verkeer. Wanneer meer dan de helft van de voertuigen een havengebonden verplaatsing maakt op dit lijnsegment, dan wordt het gedefinieerd als havengebonden. Voor personenwagens heeft 130 van de 191km aan lijnsegmenten een havengebonden verkeer. Voor vrachtwagens gaat het om 143km.



Personenwagens – havengebonden verkeer (blauw) en doorgaand verkeer (bruin)



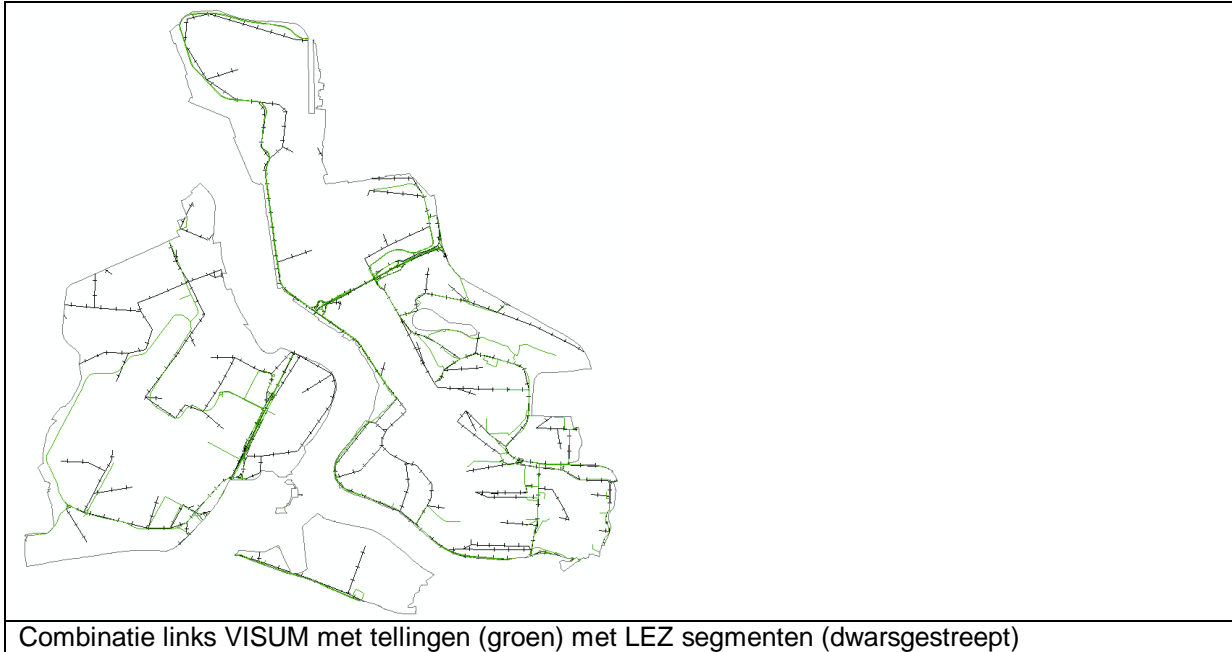
B) Extrapolatie naar overige uren binnen dagperiode

Vervolgens moet deze typologie gekoppeld worden aan de VISUM segmenten. De volgende figuur toont de combinatie van de VISUM segmenten (in het groen) met de lijnsegmenten uit de LEZ-studie (dwarsgestreept). Hieruit blijkt dat een ruimtelijke koppeling tussen de twee databronnen zinvolle combinaties oplevert aangezien beide bestanden relatief gebiedsdekkende informatie bevatten voor het studiegebied. 80% van de VISUM lijnsegmenten worden immers gekoppeld aan LEZ-segmenten die op minder dan 25m van mekaar vandaan liggen.

Bovenstaande typologie werd toegevoegd aan de VISUM lijnsegmenten om een onderscheid te kunnen maken in extrapolatie voor de overige uren van de periode 7-19u.

Er wordt aangenomen dat havengebonden verkeer een vrij continue intensiteit doorheen de dag toont, zeker in vergelijking met doorgaand verkeer. Bijgevolg zal voor een lijnsegment met havengebonden verkeer het gemiddeld aantal voertuigen van de ochtend- en avondspits genomen worden als representatief voor alle uren van de periode 7-19u.

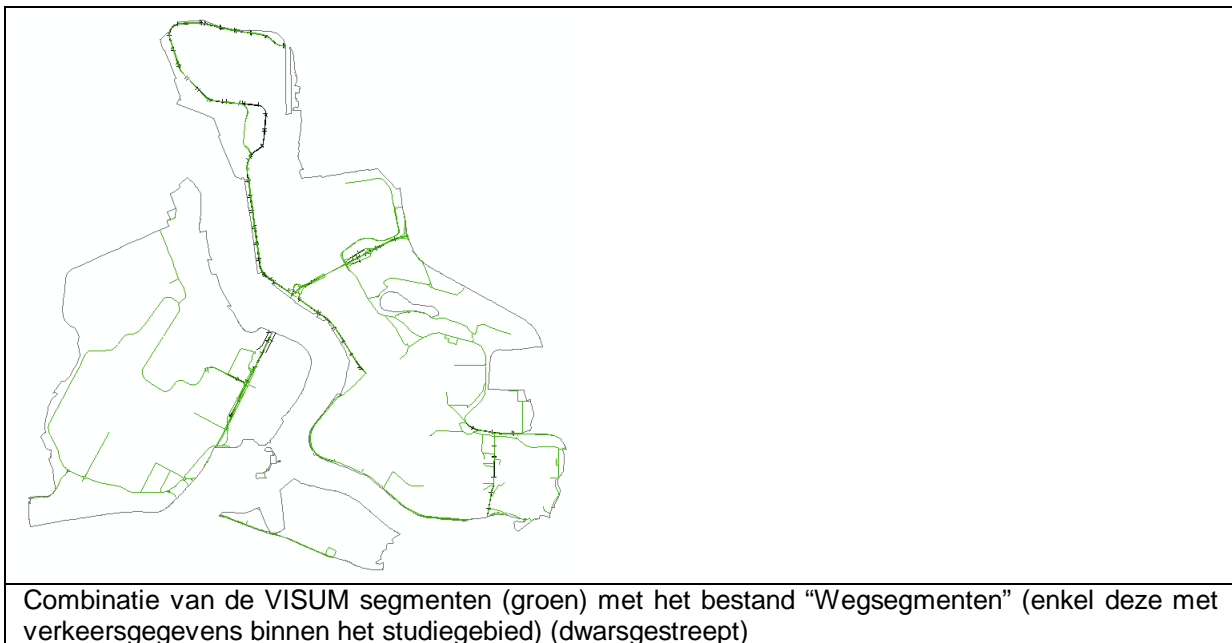
Voor lijnsegmenten met doorgaand verkeer, waarbij de verkeersintensiteiten sterker fluctueren over de dag, wordt aangenomen dat het aantal voertuigen van de ochtend- en avondspits de helft van alle voertuigen uitmaken voor de periode 7-19u. Wanneer 100 auto's voorbijkomen gedurende de dag (7-19u), dan zullen er 50 gepasseerd zijn tijdens de twee spitsuren. Dus intensiteit tijdens spits = 25 auto's per uur, intensiteit buiten de spits = 5 auto's per uur.



C) Extrapolatie naar avond- en nachtperiode

Tenslotte werden ook verkeersgegevens uit de eerst gemelde studie meegenomen om ook een inschatting te kunnen doen van de verkeersintensiteit van de avond- (19-23u) en nachtperiode (23u-7u). Dit bestand bevat immers het aantal lichte en zware voertuigen voor de drie periodes en laat toe om extrapolatiecoëfficiënten te bepalen.

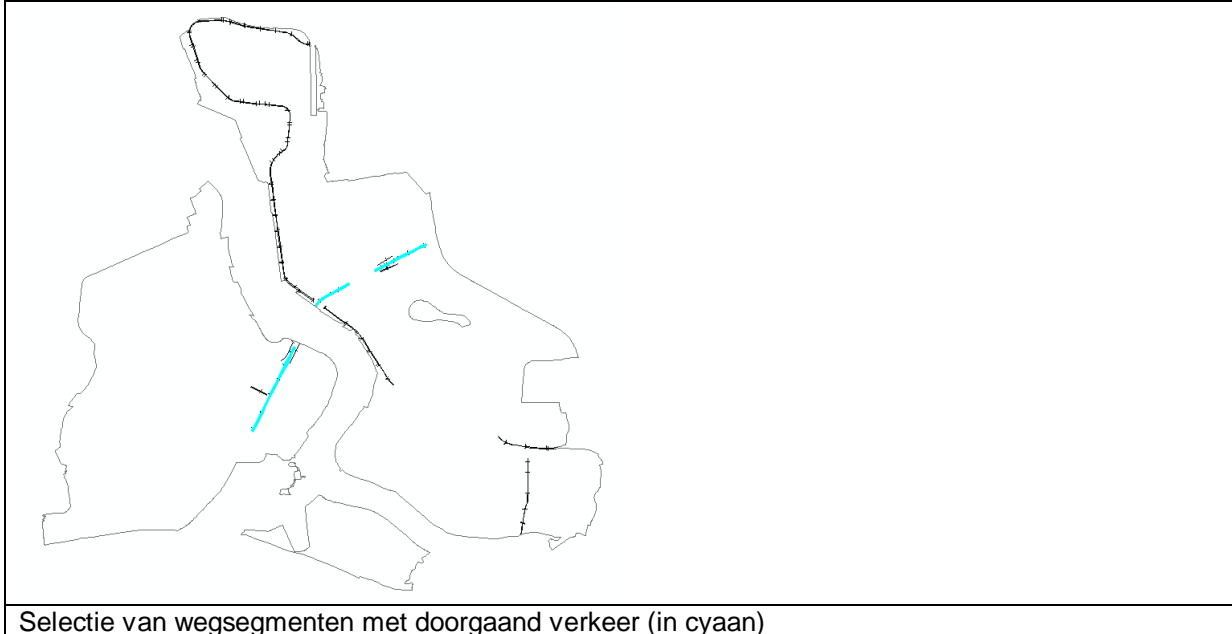
Onderstaande figuur toont de combinatie van dit bestand met de VISUM segmenten.



Uit bovenstaande kaart moet blijken dat een ruimtelijke koppeling tussen de twee bestanden geen goede resultaten biedt, aangezien er maar weinig wegsegmenten met tellingen beschikbaar zijn (57km) en het bovendien vooral gaat om de grotere wegen. Daarom wordt ervoor geopteerd om te werken met een gemiddelde extrapolatiecoëfficiënt voor het studiegebied, wel nog

opgesplitst naar gelang het een havengerelateerd segment of eerder om doorgaand verkeer gaat.

Volgende figuur toont in cyaan de lijnen uit het wegsegmentenbestand dat bestempeld wordt als doorgaand verkeer. Het gaat hier om 19% van de gemeten afstand (11 op 57km). De rest is havengebonden.



Selectie van wegsegmenten met doorgaand verkeer (in cyaan)

Het aantal voertuigen per uur voor de dagperiode (7-19u) is gekend uit deel B. In volgende tabel worden dan de extrapolatiecoëfficiënten weergegeven voor de nacht en de avondperiode. Hierbij moet opgemerkt worden dat er geen lichte voertuigen geteld waren voor de nachtperiode voor de lijnsegmenten van het type doorgaand verkeer. Dit lijkt eerder om een slechte staalname te gaan dan om de realiteit. Er werd voor gekozen om dezelfde trend te gebruiken als voor de havengebonden lijnsegmenten.

Havengebonden	verhouding nacht/dag	verhouding avond/dag
licht verkeer	0,4	0,32
zwaar verkeer	0,43	0,30
Doorgaand		
licht verkeer	0,4	0,59
zwaar verkeer	0,2	0,37

De extrapolatie-oefening resulteert in een totaal aantal jaarlijks gereden kilometers van **250.699.103** voor de lichte voertuigen en **89.333.520** voor zware voertuigen. De aantallen zijn ook gekend per VISUM lijnsegment en zullen bijgevolg gespreid worden over alle gridcellen die aan deze lijnsegmenten grenzen.

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Smeerolieverlies spoorverkeer

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

Smeerolieverlies spoorverkeer

1 Korte omschrijving van de emissiebron

Deze factsheet bevat een rekenmethode voor de emissies afkomstig van smeerolieverlies door spoorvoertuigen in het Antwerpse havengebied. Smeerolie emissies treden op bij rijden, stilstand, ontkoppelen en onderhoud van spoorvoertuigen.

Smeerolieverlies is een indirecte bron, de emissies kunnen via afspoeling van het verhard oppervlak in het oppervlaktewater of in de regenwaterriolering terechtkomen. In het Antwerpse havengebied is de regenwaterriolering echter niet op een RWZI aangesloten. De regenwaterriolering voert het regenwater eveneens naar het oppervlaktewater.

Smeerolieverlies wordt ingedeeld bij de activiteit spoorverkeer.

2 Berekeningswijze van de emissies

Emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (E_{EV}) met een emissiefactor (EF), uitgedrukt in emissie per eenheid van de EVV. Deze berekeningswijze is uitgebreid toegelicht in de Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen [1].

$$E_s = EVV \times EF \quad (1)$$

Smeerolieverlies door spoorvoertuigen treedt op tijdens het rijden en bijkomend bij passage over een spoorwissel. Bijgevolg zijn er twee bronnen met corresponderende emissieverklarende variabelen te onderscheiden: de afgelegde afstand en de passages over een wissel.

Verlies van olie aangebracht op de kranswielen treedt op tijdens het rijden. Voor deze emissies is de EVV het aantal afgelegde voertuigkilometers in het havengebied.

Waarbij:

E _s	=	Emissie van stof s (smeerolie) door olieoverlies tijdens rijden (kg stof s/jaar),
EVV	=	Afgelegde afstand in het havengebied (miljoen km/jaar) en
EF	=	Emissiefactor, hoeveelheid smeerolieverlies per afgelegde afstand (g/miljoen km).

Verlies van olie aangebracht op de stangen, bouten en glijdstoelen treedt hoofdzakelijk op bij passage over spoorwissels. Voor deze emissies is de EVV het aantal voertuigpassages over een spoorwissel in het havengebied.

Waarbij:

E _s	=	Emissie van stof s (smeerolie) olieoverlies bij spoorwissel (kg stof s/jaar),
EVV	=	Aantal voertuigpassages over een wissel in het havengebied (miljoen passages/jaar) en
EF	=	Emissiefactor, hoeveelheid smeerolieverlies per passage over wissel (kg/miljoen passages).

De emissies van PAK en minerale olie worden berekend als een fractie van het smeerolieverlies:

$$E_x = E_s \times X \quad (2)$$

Waarbij:

E _x	=	Emissie van component X (kg X/jaar),
X	=	Gehalte aan component X in de smeerolie (kg X/kg smeerolie) en
E _s	=	Hoeveelheid smeerolieverlies (kg smeerolie/jaar).

De op deze wijze berekende emissie is de totale emissie naar alle compartimenten (bodem, riool, water) door deze bron.

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

De twee emissieverklarende variabelen zijn het aantal gereden kilometer door spoorverkeer en het aantal passages ter hoogte van de wissels voor het meest recente jaar. De spoorverkeerprestatie is afgeleid uit een GIS kaart met spoorwegsegmenten en de bijhorende attribuentabel met gegevens over de spoorvoertuigbewegingen op de segmenten. De informatie is aangeleverd door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen en door VITO bewerkt tot, voor dit project, bruikbare EVV's. Informatie over de hoeveelheid gebruikte smeerolie is aangeleverd door de NMBS (B-holding). Het gaat om ongeveer 670 kg smeerproduct per jaar voor wielkranssmering (emissies tijdens rijden) en circa 550 kg smeerproduct per jaar voor smering van stangen, bouten en glijdstoelen (emissies bij passage over wissel). Er worden eveneens niet oliegebaseerde smeermiddelen gebruikt, maar deze bevatten geen componenten die beschouwd worden in deze studie. Het betreft synthetisch, biologisch snel afbreekbaar en waterbestendig smeervet opgebouwd uit esterolie en calciumzeep (benzeensulfonzuur, di-C10-18-alkylderivaten en calciumzouten).

Prognoses

Voor de jaren 2015 en 2020 wordt de vervoersprestatie berekend aan de hand van prognoses die door GHA zijn aangeleverd [2]. In de prognoses wordt onderscheid gemaakt in twee verschillende scenario's: scenario hoog en scenario laag. Bij het hoge scenario wordt voor het spoorverkeer een groei (t.o.v. 2010) van 71% verwacht in 2015 en 127% in 2020. In het lage scenario zijn de verwachte groeicijfers 48% voor 2015 en 86% voor 2020. In onderstaande tabel zijn de groeiprognoses weergegeven als prognose voor de beschouwde EVVs voor spoorverkeer.

Tabel 1: Data voor 2010 en prognoses voor EVV spoorverkeer uitgaande van hoog en laag groeiscenario [2] in 2015 en 2020.

	2010	hoog scenario		laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
EVV wissels (miljoen voertuigpassages)	8,4	14,4	19,0	12,4	15,6
EVV sporen (miljoen voertuigkm)	17,5	30,0	39,8	25,9	32,6

4 Emissiefactoren

De emissiefactor is de smeerolie die vrijgesteld wordt per spoorverkeerprestatie. De emissie van de verschillende componenten (PAK en minerale olie) wordt berekend op basis van gegevens over de aard van de gebruikte smeerolie voor spoorvoertuigen. Deze informatie is aangeleverd door de NMBS-holding. De aangeleverde technische fiches vermelden dat de oliegebaseerde smeerproducten als hoofdcomponent sterk geraffineerde minerale olie bevatten. Bij gebrek aan gedetailleerde informatie over de aard of samenstelling van de olie is een gemiddeld PAK-profiel van geraffineerde minerale olie aangehouden. Onderstaande gemiddelde PAK concentraties (g/kg olie) zijn toegepast. De emissiefactor voor een component X is het gehalte van component X in minerale olie vermenigvuldigd met de fractie minerale olie in het smeermiddel en vermenigvuldigd met het smeerolieverlies per EVV. Smeerolie bestaat typisch uit ongeveer 95% minerale olie en 5% verdikkingsmiddel [4]. Voor smeerolieverlies tijdens het rijden over gewone sporen is de EF uitgedrukt per afgelegde afstand. Voor smeerolieverlies tijdens het rijden over wissels is de EF uitgedrukt per wisselpassage.

Tabel 2: Gemiddeld PAK-profiel voor minerale olie (g/kg olie).

Stof	g/kg olie
acenaftheen	1,0
acenaftyleen	1,07
anthraceen	0,3
benzo[a]anthraceen	0,04
benzo[a]pyreen	0,02
benzo[b]fluorantheen	0,02
benzo[g,h,i]peryleen	0,0007
benzo[k]fluorantheen	0,02
chryseen	0,02
dibenzo[a,h]antraceen	0,004
fenanthreen	1,5
fluorantheen	0,2
fluoreen	0,9
indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,02
naftaleen	2,16
pyreen	0,16
PAK16	7,43

Tabel 3: Emissiefactoren voor smeerolieverlies tijdens rijden over gewone sporen en bij passage over wissels.

Stof	EF sporen g/km (10 ⁻⁶)	EF wissels g/voertuigpassage (10 ⁻⁶)
acenaftheen	31,374	80,391
acenaftyleen	33,570	86,018
anthraceen	9,412	24,117
benzo[a]anthraceen	1,255	3,216
benzo[a]pyreen	0,627	1,608
benzo[b]fluorantheen	0,627	1,608
benzo[g,h,i]peryleen	0,022	0,056
benzo[k]fluorantheen	0,627	1,608
chryseen	0,627	1,608
dibenzo[a,h]antraceen	0,125	0,322
fenanthreen	47,060	120,586
fluorantheen	6,275	16,078
fluoreen	28,236	72,352
indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,627	1,608
naftaleen	67,767	173,644
pyreen	5,020	12,863
PAK16	222	568
minerale olie	29,0	76,37

5 Geografische locaties

De verdeling van emissies over het havengebied gebeurt op basis van de geografische ligging van de spoorlijnen (spoorwegsegmenten) op het terrein van de Antwerpse haven. Het studiegebied omvat het zeehavengebied van Antwerpen zoals afgebakend in "het gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan Afbakening zeehavengebied Antwerpen" zoals voorlopig vastgesteld door de Vlaamse Regering op 27 april 2012.

De betreffende GIS kaarten zijn door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen aangeleverd.

Voor de spoorintensiteiten werd gebruik gemaakt van de bestanden "spoorsegmenten.shp" en "spoorverkeer_voertuigbewegingen.dbf", aangeleverd door GHA op 18/11/2011. Aan de lijnsegmenten uit het bestand "spoorsegmenten.shp" zijn tellingen verbonden. Volgens GHA zijn deze lijnen voldoende representatief voor de haven. Er werd ook aangegeven dat de twee spoorlijnen waarvoor tellingen ontbreken (6,6 km op linkeroever) van ondergeschikt belang zijn. Er zijn 127 km spoorlijnen met tellingen.

In de tellingen zijn jaargemiddelde intensiteiten van niet-remmende treineenheden per uur beschikbaar voor drie tijdintervals: overdag (7u-19u => 12 uren), 's avonds (19u-23u => 4 uren) en 's nachts (23u-7u => 8 uren). Dit laat toe om het totaal aantal niet-remmende treineenheden in te schatten dat per lijnsegment op één jaar tijd voorbijkomt. Het aantal afgelegde kilometers verkrijgt men dan door te vermenigvuldigen met de lengte van dit segment (in km uitgedrukt). In een laatste stap gebeurt de vertaling van lijnsegmenten naar rastercellen met een resolutie van 50x50 m.

Voor de haven van Antwerpen is naar type treinvoertuig enkel blokgeremd goederenmaterieel aanwezig en is er geen informatie beschikbaar over remmende treineenheden. Uit de tellingen blijken er ruim 13 miljoen niet-remmende treineenheden per jaar in het studiegebied voor te komen, die verantwoordelijk zijn voor 17,531 miljoenafgelegde kilometers. De hoogste frequentie doet zich voor ter hoogte van het rangeerterrein (Vormingsstation Antwerpen - Noord).

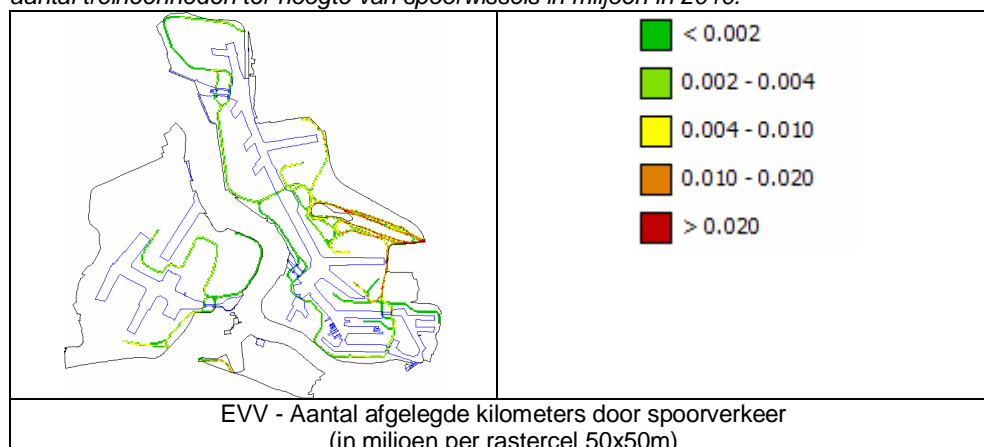
Op het einde van de projectfase kwam er nog een tweede databron ter beschikking [5]. Het GIS-bestand bestond uit 446 km aan spoorlijnen, waarvan er 113 km verkeersgegevens bevatten. Op jaarbasis werden daarin 374.118 gereden kilometers gerapporteerd. Hetgeen behoorlijk minder is dan aangegeven werd in de eerste studie. In deze eerste studie gaat het nochtans om jaargemiddelde intensiteiten. Uit overleg met GHA bleek dat de resultaten van de eerste studie voldoende gebiedsdekkend waren en is besloten om de EVV te baseren op de voertuigkilometers uit de eerste studie.

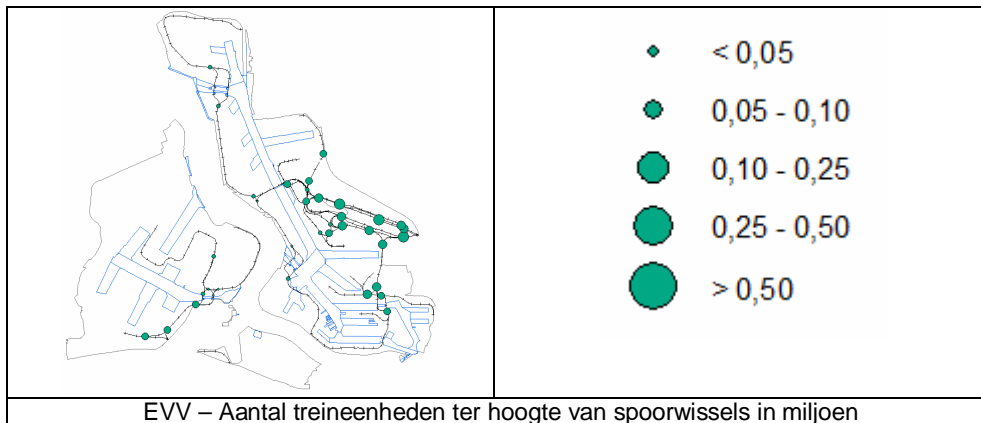
De ligging van de wissels werd bepaald op basis van hetzelfde GIS-bestand "spoorsegmenten.shp". Er werden er 36 gedigitaliseerd.

De corresponderende intensiteiten (aantal voertuigen op jaarbasis) werden eraan gekoppeld. Het gaat in totaal om 8,374 miljoen treineenheden die jaarlijks passeren.

In de regionalisatie zijn stel- en onderhoudsplaatsen niet expliciet in rekening gebracht. Door een langere verblijftijd en bepaalde handelingen zoals koppelen en ontkoppelen van voertuigen zijn er op dergelijke locaties mogelijks verhoogde emissies. Bij gebrek aan informatie of verblijftijden en onderhoudsactiviteiten was het echter niet mogelijk om dit te kwantificeren. De intensiteit waarmee de stel- en onderhoudsplaatsen aangedaan worden door de spoorvoertuigen is wel vervat in de gehanteerde EVV daar de voertuigkilometers en de wisselpassage eveneens op de spoorsegmenten van het rangeerterrein gemeten werden. Uit de ruimtelijke spreiding van de EVV (Figuur 1 en Figuur 2) blijkt duidelijk de verhoogde intensiteit qua spoorbewegingen en wisselpassages ter hoogte van het rangeerterrein Antwerpen-Noord.

Figuur 1: Kaart met ruimtelijke spreiding van het aantal afgelegde kilometers door spoorverkeer en de EVV - het aantal treineenheden ter hoogte van spoorwissels in miljoen in 2010.





6 Emissieroutes en bruto-netto-emissies

Emissieroutes

De route voor de emissies van smeeroilverlies door spoorvoertuigen naar oppervlaktewater gaat via oppervlakkige afspoeling en via riolering. In het Antwerpse havengebied is de regenwaterriolering niet op een RWZI aangesloten. De regenwaterriolering voert het regenwater dus naar het oppervlaktewater.

Uitgaande van de vaststelling dat de spoorwegen vaak gelegen zijn langs niet verhard oppervlak, is aangenomen dat de emissieroutes vergelijkbaar zijn met de situatie voor landelijke wegen. In de Vlaamse emissie inventaris EIW [6] wordt voor landelijke wegen de volgende verdeling van de emissieroutes aangehouden: voor PAK 5% naar oppervlaktewater en 95% naar bodem, voor metalen 20% naar oppervlaktewater en 80% naar bodem. De vermelde percentages in de EIW zijn ook overgenomen voor de spoorwegen in de Antwerpse haven.

Polluëntvorm

De emissies op oppervlaktewater van de geëmitteerde stoffen zullen het oppervlaktewater bereiken in de vloeibare fase (olie). Tijdens oppervlakkige afstroming zal een groot deel van de emissies weerhouden worden in het bodemcompartiment omdat olie en PAK gemakkelijk sorberen op partikels. Daar olie lichter is dan water blijft olie op het water drijven. Olie op water veroorzaakt een veelkleurige (dun laagje olie, kleine hoeveelheid) of zwarte vlek (dikkere laag olie, grote hoeveelheid). Na verloop van tijd raakt de oliefase verdeeld in de waterfase (emulsie). Olie en de daarin voorkomende PAK zijn stoffen die zich in het watermilieu bij voorkeur hechten aan de beschikbare vaste fase (sediment).

Bruto emissie

De bruto emissie van een stof is berekend door vermenigvuldiging van de emissieverklarende variabele met de overeenkomstige emissiefactor (smeeroilverlies) en de fractie van de betreffende component (PAK en minerale olie) in smeeroilie (zie berekeningswijze in paragraaf 2).

Tabel 4: Bruto emissies (kg/jaar) in 2010.

Stof	Bruto emissies (kg)		
	sporen	wissels	totaal
acenaftheen	0,5225	0,6395	1,1620
acenaftyleen	0,5591	0,6843	1,2434
anthraceen	0,1568	0,1919	0,3486
benzo[a]anthraceen	0,0209	0,0256	0,0465
benzo[a]pyreen	0,0105	0,0128	0,0232
benzo[b]fluorantheen	0,0105	0,0128	0,0232
benzo[g,h,i]peryleen	0,0004	0,0004	0,0008
benzo[k]fluorantheen	0,0105	0,0128	0,0232
chryseen	0,0105	0,0128	0,0232

Stof	Bruto emissies (kg)		
	sporen	wissels	totaal
dibenzo[a,h]antracene	0,0021	0,0026	0,0046
fenanthreen	0,7838	0,9593	1,7431
fluorantheen	0,1045	0,1279	0,2324
fluoreen	0,4703	0,5756	1,0458
indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,0105	0,0128	0,0232
naftaleen	1,1286	1,3814	2,5100
pyreen	0,0836	0,1023	0,1859
PAK16	3,9	4,8	8,6
minerale olie	640	523	1 162

Netto emissie

Op de bruto emissies wordt de verdeling van de emissie over de verschillende compartimenten in rekening gebracht (emissieroutes) om te komen tot de netto emissies naar oppervlakte water. De netto totalen zijn aanzienlijk lager omdat 95% van de bruto PAK emissies achterblijft in het bodemcompartiment en slechts 5% in het oppervlaktewater terecht komt (emissieroute oppervlakkige afspoeling, [6]). De vrachten naar het oppervlaktewater worden bij de omrekening van bruto naar netto emissies eveneens verplaatst van de locatie waar ze gegenereerd worden naar de corresponderende lozingspunten. Deze kunnen zich in de dokken, de Schelde of buiten het studiegebied bevinden.

In onderstaande tabel zijn de totale netto emissies voor smeeroelieverlies van spoorverkeer weergegeven voor 2010 en prognoses voor 2015 en 2020 volgens de twee scenario's van de EOS-studie.

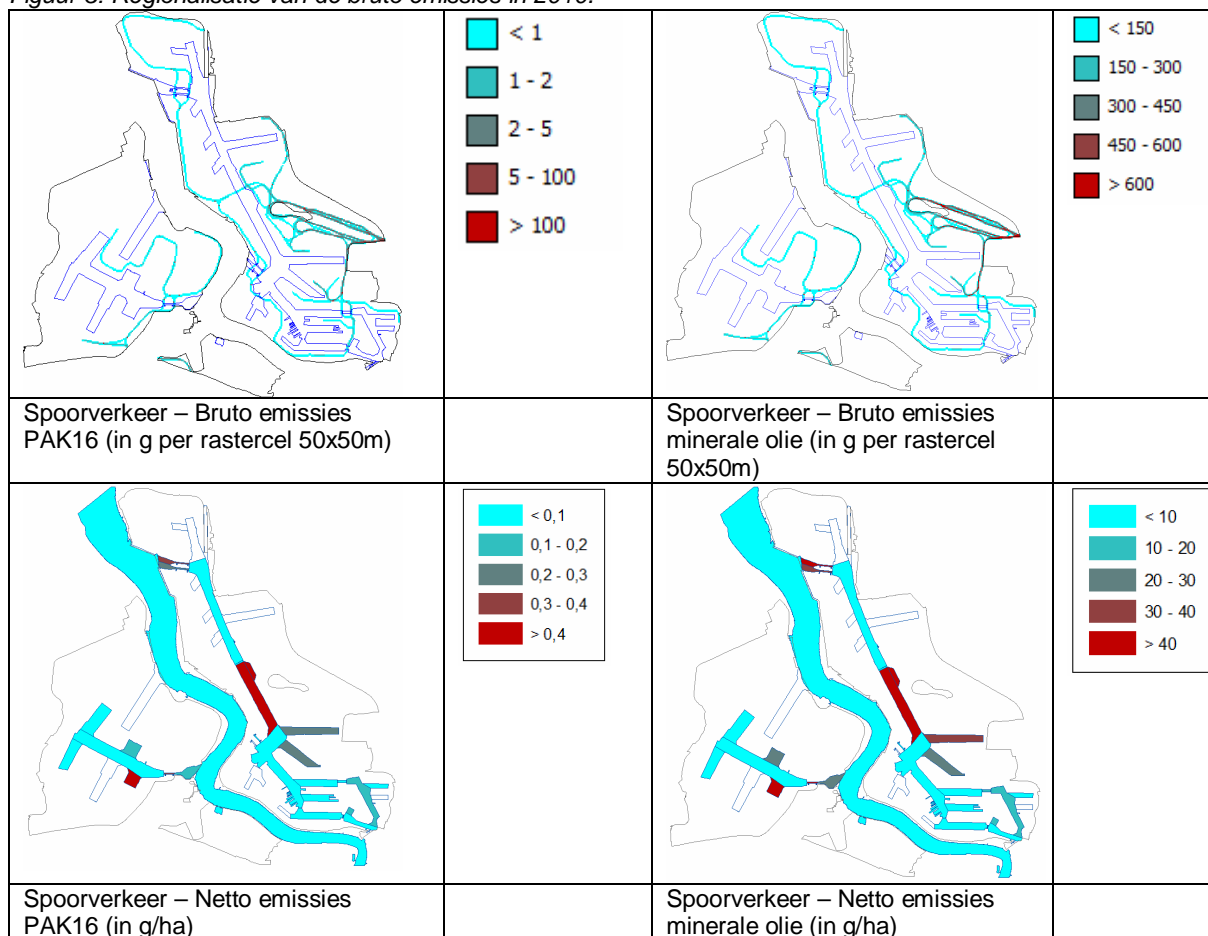
Tabel 5: Netto emissies (kg/jaar) in 2010, 2015 en 2020.

Stof	2010	hoog scenario		laag scenario	
		2015	2020	2015	2020
acenaftheen	0,0581	0,0996	0,1320	0,0857	0,1080
acenaftyleen	0,0622	0,1065	0,1413	0,0917	0,1156
anthracene	0,0174	0,0299	0,0396	0,0257	0,0324
benzo[a]anthracene	0,0023	0,0040	0,0053	0,0034	0,0043
benzo[a]pyreen	0,0012	0,0020	0,0026	0,0017	0,0022
benzo[b]fluorantheen	0,0012	0,0020	0,0026	0,0017	0,0022
benzo[g,h,i]peryleen	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
benzo[k]fluorantheen	0,0012	0,0020	0,0026	0,0017	0,0022
chryseen	0,0012	0,0020	0,0026	0,0017	0,0022
dibenzo[a,h]antracene	0,0002	0,0004	0,0005	0,0003	0,0004
fenanthreen	0,0872	0,1494	0,1980	0,1286	0,1620
fluorantheen	0,0116	0,0199	0,0264	0,0171	0,0216
fluoreen	0,0523	0,0896	0,1188	0,0771	0,0972
indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,0012	0,0020	0,0026	0,0017	0,0022
naftaleen	0,1255	0,2151	0,2852	0,1851	0,2333
pyreen	0,0093	0,0159	0,0211	0,0137	0,0173
PAK16	0,4320	0,7403	0,9815	0,6372	0,8029
minerale olie	58,10	99,58	132,02	85,71	108,00

7 Koppeling aan GIS-data en regionalisering

Figuur 3 toont de ruimtelijke spreiding van de PAK16 en minerale olie emissies afkomstig van smeeroelieverlies spoorwegen voor zowel de bruto als de netto emissies. De twee tabellen geven het spreidingspatroon weer met meer ruimtelijk detail.

Figuur 3: Regionalisatie van de bruto emissies in 2010.



Tabel 6: Verdeling EVV over LO en RO

EVV	LO	RO	Totaal
spoorverkeer (milj. kms)	13%	87%	17,5
wissels (milj. treineenh.)	9%	91%	8,4

Tabel 7: Spreiding bruto emissies (kg/jaar) PAK16 en minerale olie afkomstig van spoorverkeer

Bruto emissies	LO	RO	Totaal (kg)
<i>PAK16</i>			
spoorverkeer	13%	87%	3,9
spoorwissels	9%	91%	4,8
Totaal (kg)	0,9	7,7	8,6
<i>minerale olie</i>			
spoorverkeer	13%	87%	522,5
spoorwissels	9%	91%	639,5
Totaal (kg)	125,8	1036,2	1162,0

In tabel 8 en 9 staat de spreiding van de netto emissies voor PAK16 en minerale olie afkomstig van spoorverkeer. Een aantal van de bruto-emissies van spoorverkeer worden afgevoerd naar de Schelde, dat hier aangegeven staat als buitengebied.

Tabel 8: Spreiding netto emissies (kg/jaar) PAK16 en minerale olie afkomstig van spoorverkeer in 2010.

Netto emissies	LO	RO	buiten	Totaal (kg)	aandeel bruto/netto
<i>PAK16</i>					
spoorverkeer	9%	81%	11%	0,2	5%
spoorwissels	9%	88%	3%	0,2	5%
Totaal (kg)	0,0	0,4	0,0	0,4	
<i>minerale olie</i>					
spoorverkeer	9%	81%	11%	26,1	5%
spoorwissels	9%	88%	3%	32,0	5%
Totaal (kg)	5,1	49,3	3,7	58,1	

Tabel 9: Verdeling van de hoeveelheid minerale olie en de resulterende netto PAK16-emissies (kg/jaar) en het relatieve aandeel (%) over de verschillende watervlakken (dokken, sluizen, Schelde) in de Antwerpse haven in 2010. Het aandeel sporen en aandeel wissels verwijst naar het deel van het totaal aan netto emissies vanuit spoorverkeer voor de betreffende zone. De laatste kolom aandeel emissies is de verhouding van de betreffende zone ten opzichte van het totaal van alle zones.

zone	netto PAK16 spoorverkeer (kg)	netto minerale olie spoorverkeer (kg)	aandeel sporen	aandeel wissels	aandeel emissies
Kanaaldok B1	0,28	38,24	42%	58%	66%
Schelde	0,03	3,70	76%	24%	6%
Churchilldok	0,02	2,82	37%	63%	5%
Duwvaart Schuildok	0,02	2,19	45%	55%	4%
Zuidelijk insteekdok	0,01	2,02	40%	60%	3%
6e Havendok	0,01	1,93	31%	69%	3%
Albertdok	0,01	1,31	18%	82%	2%
Waaslandkanaal	0,01	1,20	32%	68%	2%
Noordelijk insteekdok	0,01	0,96	60%	40%	2%
Zandvlietsluis	0,01	0,87	63%	37%	1%
Toegangseul KAS	0,01	0,71	28%	72%	1%
Berendrechtssluis	0,01	0,68	51%	49%	1%
5e Havendok	0,00	0,25	100%	0%	0%
Kanaaldok B2	0,00	0,24	100%	0%	0%
Hansadok	0,00	0,22	100%	0%	0%
Leopolddok	0,00	0,18	100%	0%	0%
Noordkasteeldok	0,00	0,13	100%	0%	0%
Kallosluis	0,00	0,12	100%	0%	0%
Verrebroekdok	0,00	0,07	100%	0%	0%
Doeldok	0,00	0,05	100%	0%	0%
Amerikadok	0,00	0,05	100%	0%	0%
Noordkasteelbrug	0,00	0,04	100%	0%	0%
Verbindingsgeul LED-ALD	0,00	0,04	100%	0%	0%
4e Havendok	0,00	0,02	100%	0%	0%
3e Havendok	0,00	0,02	100%	0%	0%
Boudewijnsluis	0,00	0,01	100%	0%	0%
Lillobrug	0,00	0,01	100%	0%	0%
Totaal	0,43	58,10			

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de werkwijze die in de publicatiereeks Emissieregistratie wordt aangehouden [3]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (CORE emission INventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;

- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

In tabel 10 is de betrouwbaarheid van de onderdelen van de berekening opgenomen.

De emissieverklarende variabele is gekwantificeerd op basis van ruimtelijk gespreide verkeersintensiteitsmetingen op de spoorwegen in het havengebied. Niet voor alle spoorsegmenten waren data beschikbaar, maar de bemetende segmenten leveren wel een representatieve dataset zodat een betrouwbaarheidsclassificatie B kan aangehouden worden voor de emissieverklarende variabele en voor de regionalisatie.

De emissiefactor is gebaseerd op veralgemening van gegevens voor smeeroilproducten bij gebrek aan informatie over de samenstelling van de effectief gebruikte producten. Op grond hiervan kan voor de emissiefactoren de classificatie D worden aangehouden.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten en de emissieroutes zijn slechts gedeeltelijk naar oppervlaktewater omdat aangenomen kan worden dat een groot deel van de emissies bij oppervlakkige afstroming weerhouden wordt in het bodemcompartiment. Bij gebrek aan specifieke cijfers voor spoorwegen is aangenomen dat de verdeling overeenstemt met de situatie uit EIW voor landelijke wegen. Voor deze onderdelen kan dus de categorie C gehanteerd worden.

Tabel 10: Betrouwbaarheid onderdelen emissieberekening.

onderdeel emissieberekening	betrouwbaarheidsclassificatie
Emissieverklarende variabele	B
Emissiefactor	D
Verdeling compartimenten	C
Emissieroutes naar water	C
Regionalisatie	B

Verbeterpunten:

- De EF voor PAK uit smeeroilie voor spoorvoertuigen kan verbeterd worden met informatie over de samenstelling van de gebruikte smeermiddelen (minerale oliegehalte, olietype, PAK gehalte van de olie). Er worden verschillende smeermiddelen gebruikt voor specifieke toepassingen waarbij sommige eerder vrijkomen tijdens het rijden over de sporen terwijl andere emissies zich voornamelijk ter hoogte van wissels situeren. Indien de samenstelling van de gehanteerde smeerproducten per toepassing gekend is en verschillend blijkt, dan kan de EF opgesplitst worden per toepassing.
- De verdeling over de compartimenten en de emissies naar water kunnen verbeterd worden met betere en meer gedetailleerde informatie over de aard van de ondergrond langs en tussen de sporen (gras, grind, beton). Verbeterpunten zijn: relevante indeling/benaming van de types ondergrond, ruimtelijk detail en gebiedsdekkendheid van de gegevens.
- De regionalisatie kan nog verbeterend worden door explicietere toewijzing van een deel van de emissies aan smeeroilverlies ter hoogte van stel- en onderhoudplaatsen. Aan stelplaatsen zou een verlies kunnen toegekend worden in verhouding tot de verblijftijd van de spoorvoertuigen. Aan onderhoudplaatsen zou een verlies kunnen toegekend worden in verhouding tot het aantal behandelde spoorvoertuigen.

9 Referenties

- [1] CIW/CUWVO werkgroep VI, februari 1997. Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen.
- [2] European Centre for Strategic Analysis (ECSA) (2011). Economische Ontwikkelingsstudie (EOS) voor de haven van Antwerpen. Actualisatie van de prognoses.

- [3] Most, P.F.J. van der et al., juli 1998. Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water. Publicatiereeks Emissieregistratie, nr. 44
- [4] Bron: email met Wilbert Snijers, KLT bv te Heijningen, leverancier smeervetten, 23-07-2012
- [5] TRITEL (in opdracht van GHA), Mobiliteitsstudie Haven Antwerpen, 2011. Mobiliteitsstudie, bijhorende Excel database en geografisch toedelingsmoel.
- [6] VMM Emissie Inventaris water model (EIW). <http://www.vmm.be/water/toestand-watersystemen/waar-meten-we-het-water/meetnet-afvalwater/inventarisatie>

Emissies naar het oppervlaktewater in het Antwerpse havengebied

Oliecalamiteiten

2012

Opgesteld door Deltares en VITO

Oliecalamiteiten

1 Korte omschrijving van de emissiebron

Deze factsheet bevat een rekenmethode voor de emissies ten gevolge van geregistreerde calamiteiten. Het gaat om calamiteiten waarbij oliën in het oppervlaktewater terechtkomen. De olie kan afkomstig zijn van verschillende bronnen of activiteiten op het water (aanvaringen, grote illegale lozingen, ongeluk bij bunkering van schepen, ...) of aan land waarbij de olie uiteindelijk in het oppervlaktewater is terechtgekomen via riolering of door afspoeling (ongelukken met tankwagens of andere voertuigen, illegale of accidentele lozingen,...). Enkel de olie die effectief in het water terecht komt wordt beschouwd, i.e. enkel de directe emissies naar het oppervlaktewater.

Calamiteiten op het water zijn bron van directe emissies. Alle pollutanten komen rechtstreeks in het oppervlaktewater terecht.

Oliecalamiteiten op het water worden in gedeeld bij de activiteit oliecalamiteiten.

2 Berekeningswijze van de emissies

Emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (E_{VV}) – hier de hoeveelheid minerale olie in het water – met een emissiefactor (EF), uitgedrukt in emissie per eenheid van de EVV. De emissies worden gescheiden berekend voor de verschillende producten van geregistreerde calamiteiten. Deze berekeningswijze is uitgebreid toegelicht in de Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen [1].

$$E_s = EVV \times EF \quad (1)$$

Waarbij:

E _s	=	Emissie van stof s uit morsing van olie (kg stof s/jaar),
EVV	=	Hoeveelheid olie in het water t.g.v. calamiteiten in Antwerpse haven (kg olie/jaar) en
EF	=	Emissiefactor, gehalte van stof s in het gemorste product (kg stof s/kg olie).

De op deze wijze berekende emissie is de totale emissie. In geval van calamiteiten op het water gaat de totale emissie naar het compartiment water. De totale emissie naar water wordt de bruto emissie genoemd.

3 Emissieverklarende variabele/basisgegevens

De emissieverklarende variabele is de hoeveelheid minerale olie in het water ten gevolge van geregistreerde calamiteiten in de Antwerpse haven. Deze informatie wordt afgeleid uit de registratiedatabank van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.

Wanneer er een morsing plaats vindt dient de veroorzaker dit onmiddellijk te melden aan de havenkapitein - commandant. Het kan echter gebeuren dat een calamiteit aan land of op het water niet gemeld wordt. De meeste, en zeker de grotere en duidelijk zichtbare, morsingen zullen dan door andere havengebruikers of door werknemers van het Havenbedrijf opgemerkt worden en gemeld aan de Havenkapitein. In dat geval zal er een dokmeester ter plaatse gaan om de morsing vast te stellen en wordt er door het Havenbedrijf actie genomen om de bron van de vervuiling (aan land of op het water) te achterhalen. Alle gemelde morsingen worden geregistreerd in de betreffende databank van het Havenbedrijf.

Voor de periode 2000-2010 omvat de databank bijna 900 records van oliemorsingen. Meldingen van calamiteiten met andere chemicaliën worden eveneens geregistreerd, maar omwille van de

uiteenlopende aard van de producten en het ontbreken van kwantitatieve informatie worden deze niet beschouwd in deze studie. Oliecalamiteiten zijn veruit de belangrijkste met een aandeel van meer dan 95% in de databank met geregistreeerde calamiteiten. Het aantal geregistreeerde oliemorsingen varieert van jaar tot jaar. Het verschil tussen het hoogste en het laagste jaartotaal over de periode 2000-2010 bedraagt ongeveer een factor twee.

Enkel voor het jaar 2008 heeft het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen in de individuele calamiteitendossiers (buiten de databank) bijkomende informatie gezocht, in het bijzonder betreffende de omvang van de morsing. De omvang van de morsing wordt gemeld door de veroorzaker en/of geschat door de havenkapiteindienst (dokmeesters) en vervolgens geregistreeerd door de havenkapiteindienst. De gemelde hoeveelheden werden in 2008 niet op een gestandaardiseerde manier geregistreeerd zodat ze deels afhankelijk kunnen zijn van de persoon die de morsing registreert. Bovendien was in meer dan de helft van de dossiers (63%) geen informatie beschikbaar over oppervlakte of volume van de morsing. De mediaanwaarde van de beschikbare gegevens voor 2008 is gehanteerd om de totale omvang van de oliemorsingen te schatten. Omwille van de zeer uiteenlopende hoeveelheden per morsing en in het bijzonder twee naar boven uitschieterende getallen, is de mediaanwaarde een factor 5 kleiner dan de gemiddelde waarde van de beschikbare dataset voor 2008. Rekening houdend met de totale hoeveelheden geregistreeerde morsingen in de havens van Amsterdam en Rotterdam [2], blijkt de mediane waarde (kg/morsing) van de geregistreeerde en gekwantificeerde morsingen in 2008 de meest aannemelijke schatting. In combinatie met het gemiddeld aantal geregistreeerde morsingen per jaar bedraagt de geschatte hoeveelheid gemorste olie ruim 13 ton per jaar voor de ganse Antwerpse haven en daarvan komt ongeveer 12,5 ton in het beschouwde studiegebied terecht. Oliemorsingen in de dokken ten zuiden van de as Royersluis-Albertkanaal vallen buiten het studiegebied.

Tabel 1: Aantal geregistreeerde oliecalamiteiten per jaar in de haven van Antwerpen. Totaal en gemiddelde per jaar voor de periode 2000-2010 (databank Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen).

Jaar	Geregistreeerde oliemorsingen (aantal/jaar)
2000	96
2001	96
2002	83
2003	82
2004	51
2005	86
2006	76
2007	96
2008	71
2009	80
2010	76
<i>Totaal</i>	<i>893</i>
<i>Gemiddeld</i>	<i>81</i>

De hoeveelheid olie die werkelijk emissies veroorzaakt kan kleiner zijn indien na de oliemorsing een opruimactiviteit plaatsvindt waarbij olie uit het water verwijderd wordt. Het gebruik van dispergerende bestrijdingsmiddelen is remediërend bij een olieverontreiniging maar betreft geen verwijdering van de olie. Bij toediening van dispersanten zakt de olie uit naar de waterbodem. Het waterbodem compartiment wordt verontreinigd en van daaruit kunnen emissies optreden naar het water. Enkel in de gedetailleerde dataset voor 2008 is relevante informatie beschikbaar i.v.m. eventuele opruimactiviteit of bestrijding na de morsing. Daaruit blijkt dat 65% van de oliemorsingen gevolgd werden door een actie ter (gedeeltelijke) verwijdering van de olie. In 30% van de gevallen werd een chemisch-biologische bestrijding (dispergeermiddel, detergent) gehanteerd. Op basis van bovenstaande cijfers en onder de aanname dat via de opruimactiviteit 50% van de olie verwijderd wordt, is in de EVV berekening rekening gehouden met een verwijderingspercentage van 32.5%. Voor het beschouwde studiegebied brengt dit de schatting van de hoeveelheid olie die emissies naar water veroorzaakt op bijna 9 ton olie.

4 Emissiefactoren

De emissiefactor is het gehalte van de beschouwde stof (polluent) in het gemorste product. Indien er geen specifieke gegevens over de samenstelling van het gemorste product beschikbaar zijn, wordt uitgegaan van de gemiddelde samenstelling van het betreffende product of de productsoort.

In de databank met oliemorsingen in de Antwerpse haven is weinig of geen informatie beschikbaar over soort of type van de gemorste olie. Voor de emissiefactor is daarom gezocht naar een representatieve gemiddelde samenstelling. Er is gekozen het PAK-profiel uit de Nederlandse emissie inventaris voor morsingen op binnenwateren [2] te hanteren. In Nederland zijn in de periode 1990-2000 gegevens over morsingen geregistreerd [3] voor alle relevante soorten olieverontreiniging (dieselolie, smeerolie, stookolie, gasolie, ...), zowel voor binnenwateren als voor de havengebieden van Rotterdam en Amsterdam [4],[5]. Op basis daarvan is een profiel berekend van de gemiddelde samenstelling van oliemorsingen. Het gemiddeld PAK-profiel is als volgt bepaald: de morsingen werden ingedeeld per type olie en vervolgens werd per type olie (dieselolie, smeerolie,...) één standaard PAK-profiel [6,7] toegekend. In combinatie met de totale hoeveelheid gemorst materiaal levert dat de totale PAK-emissie. De gemiddelde PAK-concentratie (gemiddeld PAK-profiel) is verkregen door de totale PAK-emissie (in kg) te delen door de hoeveelheid gemorste olie (in kg).

Wegens het ontbreken van informatie over de aard van de gemorste olie in de databank van de Antwerpse haven is het berekend gemiddeld profiel uit de Nederlandse registratie [2] aangehouden. Voor de ontbrekende PAK componenten is de concentratie geschat rekening houdend met de gemiddelde PAK verhouding in olie en het feit dat het gehalte van opeenvolgende PAK componenten afneemt met toenemende moleculemassa.

Tabel 2: Gemiddeld PAK-profiel voor gemorste olie (g/kg olie) [2]

Stof	g/kg olie
acenaftheen	0,53
acenaftyleen	0,57
anthraceen	0,16
benzo[a]anthraceen	0,022
benzo[a]pyreen	0,011
benzo[b]fluorantheen	0,0002
benzo[g,h,i]peryleen	0,0004
benzo[k]fluorantheen	0,0002
chryseen	0,011
dibenzof[a,h]antraceen	0,0021
fenanthreen	0,81
fluorantheen	0,11
fluoreen	0,48
indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,00005
naftaleen	1,15
Pyreen	0,085
PAK16	3,93

5 Geografische locaties

Het studiegebied omvat het zeehavengebied van Antwerpen zoals afgebakend in “het gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan Afbakening zeehavengebied Antwerpen” zoals voorlopig vastgesteld door de Vlaamse Regering op 27 april 2012.

De verdeling van emissies over het havengebied gebeurt op basis van de geregistreerde locatie van de calamiteiten in de Antwerpse haven. In de calamiteitenregistratiedatabank zijn de meeste incidenten gegeoreferend aan de hand van een dok- of kadenummer. Deze informatie, aangeleverd door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen, wordt gebruikt voor de

regionalisatie. Voor de opmaak van deze factsheet zijn de geografische gegevens van de geregistreerde oliemorsingen voor de periode 2000-2010 gehanteerd.

Uit de analyse van de geografische spreiding van de oliemorsingen in de periode 2000-2010 blijkt duidelijk een ongelijke spreiding over de verschillende dokken van de Antwerpse haven. Ongeveer één derde van de geregistreerde oliemorsingen zijn gelokaliseerd in het Marshalldok (11%), Hansadok (10%) of 4^{de} Havendok (10%). In het Kanaaldok B2 en het Delwaidedok doen zich respectievelijk 8% en 6% van de oliemorsingen voor. Het 5^{de} Havendok, Churchilldok en Albertdok hebben ieder een aandeel van 4 à 5%. De overige 41% van de oliemorsingen zijn verspreid over de 43 andere dokken. Met andere woorden, bijna 60% van de betreffende calamiteiten (olie) zijn gelokaliseerd in 8 dokken, dit is 16% van het totale aantal dokken.

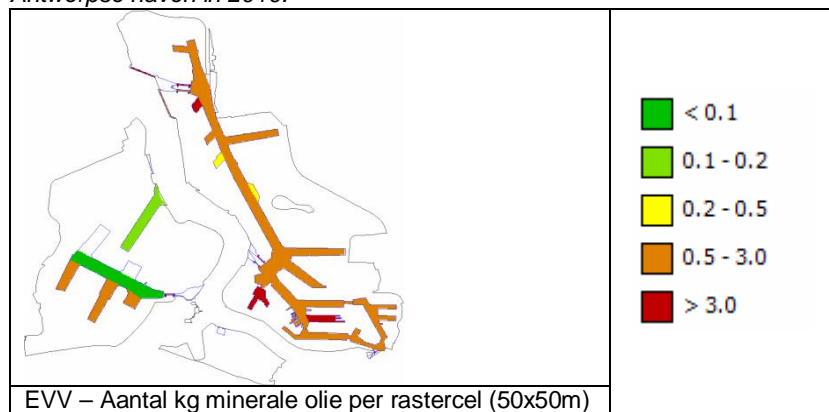
De rangorde van de dokken volgens bijdrage tot oliemorsingen is zeer gelijkaardig van jaar tot jaar. In de periode 2000-2010 maken Marshalldok, Hansadok en 4^{de} Havendok ieder jaar deel uit van de top-10. De overige dokken met een behoorlijke bijdrage tot de oliemorsingen (>4%) komen eveneens zeer frequent voor in de jaarlijkse top-10 (minstens in 2/3 van de jaren). De globale geografische spreiding van de 2000-2010 databank kan dus beschouwd worden als representatief voor de afzonderlijke jaren. Het gemiddeld aantal morsingen, het aandeel en de berekende gemiddelde hoeveelheid gemorste olie is weergegeven in onderstaande tabel voor de vijf dokken met de grootste bijdrage. De overige dokken zijn gegroepeerd volgens aandeel percentage.

De locatie van de verschillende wateroppervlakken in het studiegebied met een registratie van oliecalamiteiten, wordt gedefinieerd in het GIS-bestand "wateroppervlak.shp", aangeleverd door en eigendom van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen. De EVV kaart komt tot stand door aan elk wateroppervlak, de berekende hoeveelheid gemorste olie toe te kennen door een koppeling op basis van de unieke infrastructuurcode (INFRCODE) (zie 3, emissieverklarende variabelen). Onder de tabel wordt deze EVV-kaart getoond.

Tabel 3: Verdeling van het aantal calamiteiten, het aandeel (%) en de hoeveelheid gemorste olie (ton/jaar) over de verschillende dokken in de Antwerpse haven.

Dok	Aantal	Aandeel (%)	Gemorste olie (ton/jaar)
Marshalldok	101	11,3%	1,00
Hansadok	90	10,1%	0,89
4de havendok	89	10,0%	0,88
kanaaldok B2	71	8,0%	0,71
Delwaidedok	58	6,5%	0,58
andere (4-5 % per dok)	118	13%	1,17
andere (3-4 % per dok)	154	17,2%	1,53
andere (1-3% per dok)	106	11,9%	1,05
andere (<1% per dok)	107	12,0%	1,05

Figuur 1: Kaart met ruimtelijke spreiding van de hoeveelheid gemorste olie over de verschillende dokken in de Antwerpse haven in 2010.



6 Emissieroutes en bruto-netto-emissies

Emissieroutes

De route voor de emissies van oliecalamiteiten op het water is 100% naar het oppervlaktewater waar de calamiteit zich voordoet (geografische locatie).

Polluentvorm

De emissies op oppervlaktewater van de geëmitteerde stoffen zullen het oppervlaktewater bereiken in de vloeibare fase (olie). Daar olie lichter is dan water blijft olie op het water drijven. Olie op water veroorzaakt een veelkleurige (dun laagje olie, kleine hoeveelheid) of zwarte vlek (dikkere laag olie, grote hoeveelheid). Na verloop van tijd raakt de oliefase verdeeld in de waterfase (emulsie). Olie en de daarin voorkomende PAK zijn stoffen die zich in het watermilieu bij voorkeur hechten aan de beschikbare vaste fase (sediment).

Bruto emissie

De bruto emissie van een stof is berekend door vermenigvuldiging van de emissieverklarende variabele met de overeenkomstige emissiefactor (zie berekeningswijze in paragraaf 2). Voor calamiteiten op het water is verdeling van de bruto emissie over verschillende compartimenten/transportroutes niet relevant daar de emissies 100% rechtstreeks naar het oppervlaktewater gaan.

De bruto emissies van geregistreeerde oliemorsingen zijn berekend door de (geschatte) jaarlijkse hoeveelheid gemorste olie te vermenigvuldigen met de emissiefactoren overeenkomstig het gemiddeld PAK-profiel van gemorste olie [2].

Tabel 4: Bruto emissies van PAK (kg/jaar) en minerale olie door oliecalamiteiten op het water in 2010.

Stof	Bruto emissies (kg)
acenaftheen	4,5
acenaftyleen	4,8
anthraceen	1,4
benzo[a]anthraceen	0,19
benzo[a]pyreen	0,09
benzo[b]fluorantheen	0,002
benzo[g,h,i]peryleen	0,003
benzo[k]fluorantheen	0,002
chryseen	0,09
dibenzo[a,h]antraceen	0,02
fenanthreen	6,9
fluorantheen	0,9
fluoreen	4,0
indeno[1,2,3-cd]pyreen	0,0004
naftaleen	9,7
pyreen	0,72
PAK16	33,3
minerale olie	8460

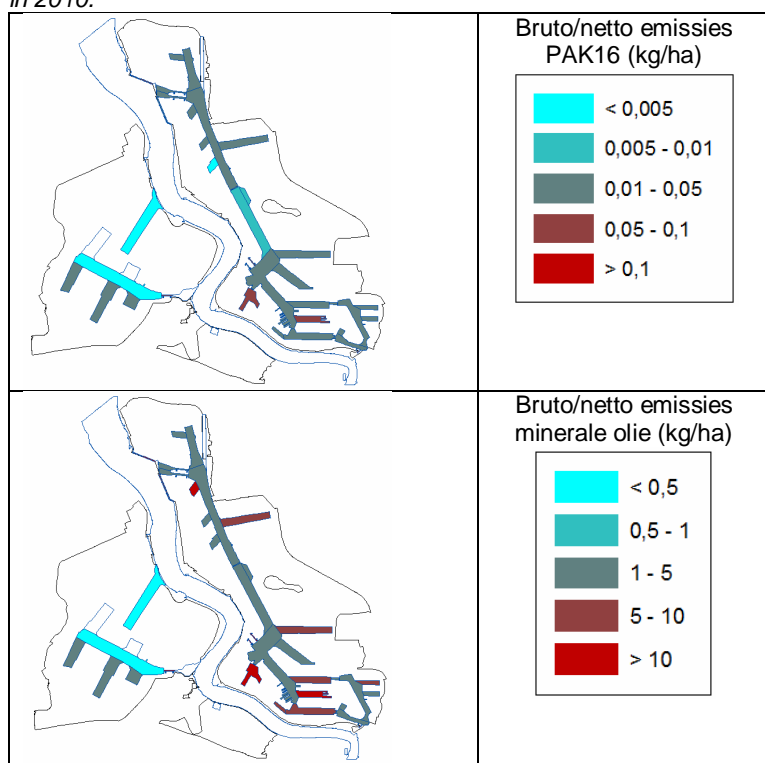
Netto emissie

In geval van calamiteiten op het water zijn de netto emissies gelijk aan de bruto emissies daar 100% rechtstreeks in het oppervlaktewater terecht komt (zie emissieroutes).

7 Koppeling aan GIS-data en kwantificering

Figuur 2 toont de ruimtelijke spreiding van de PAK16-emissies afkomstig van oliecalamiteiten. De twee tabellen geven het spreidingspatroon weer met meer ruimtelijk detail. De bruto emissies zijn gelijk aan de netto emissies.

Figuur 2: Kaart met ruimtelijke spreiding van de PAK16 en minerale olie emissies (kg/ha) in de Antwerpse haven in 2010.



Tabel 5: Relatieve verdeling van de hoeveelheid gemorste olie en de resulterende netto PAK16-emissies (kg/jaar) over linkeroever (LO) en rechteroever (RO) in 2010.

Stof	LO	RO	Totaal (kg)
Minerale olie	11%	89%	8 460
PAK16	11%	89%	33

Tabel 6: Verdeling van de hoeveelheid minerale olie en de resulterende netto PAK16-emissies (kg/jaar) en het relatieve aandeel (%) over de verschillende watervlakken (dokken, sluisen, Schelde) in de Antwerpse haven in 2010.

Zone	Minerale olie (kg)	PAK16 (kg)	Aandeel
Marshalldok	1 005	4	12%
Hansadok	901	4	11%
4e Havendok	896	4	11%
Kanaaldok B2	711	3	8%
Delwaidedok	579	2	7%
Churchilldok	410	2	5%
5e Havendok	409	2	5%
Albertdok	360	1	4%
Vrasenedok	350	1	4%
Kanaaldok B1	312	1	4%
6e Havendok	300	1	4%
Leopolddok	300	1	4%
Verrebroekdok	280	1	3%
Kanaaldok B3	260	1	3%
Insteekdok 3	209	1	2%
Zuidelijk insteekdok	160	1	2%
3e Havendok	130	1	2%
Amerikadok	108	0	1%
Noordzeeterminal	90	0	1%
Waaslandkanaal	65	0	1%
Insteekdok 4	60	0	1%
2e Havendok	60	0	1%

Zone	Minerale olie (kg)	PAK16 (kg)	Aandeel
Industriedok	60	0	1%
Deurganckdok	53	0	1%
Berendrechtsluis	50	0	1%
Zandvlietsluis	50	0	1%
Boudewijnsluis	50	0	1%
Insteekdok 2	40	0	0%
Europaterminal	40	0	0%
Kallosluis	40	0	0%
Noordkasteeldok	30	0	0%
Insteekdok 1	20	0	0%
Duwvaart Schuuldok	20	0	0%
Van Cauwelaertsluis	20	0	0%
Royerssluis	20	0	0%
Verbindingsgeul LED-ALD	9	0	0%
Noordkasteelbrug	2	0	0%
Lillobrug	1	0	0%
Albertkanaal	1	0	0%
Wilmarsdonkbrug	1	0	0%
Totaal	8.460	33	

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de werkwijze die in de publicatiereeks Emissieregistratie wordt aangehouden [8]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (CORe emission INventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

De emissieverklarende variabele is gekwantificeerd op basis van een beperkt aantal schattingen van het gemorste volume. De cijfers zijn aangeleverd door GHA. Het betreft enkel getallen voor het jaar 2008. De volumes zijn geschat door diverse personen en op verschillende manieren uitgedrukt (kg, L, veel/weinig, oppervlakte olievlek). De emissieverklarende variabele krijgt een betrouwbaarheidsclassificatie D.

De emissiefactor is gebaseerd op een reeks metingen voor diversie olieproducten. De databank van GHA levert echter weinig of geen informatie over de aard van de gemorste producten. Op grond hiervan kan voor de emissiefactoren de classificatie C worden aangehouden.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten en de emissieroutes naar water zijn duidelijk geheel naar oppervlaktewater daar enkel oliecalamiteiten op het water beschouwd worden. Voor deze onderdelen kan dus de categorie A gehanteerd worden. De regionalisatie van de emissies is vrij betrouwbaar want de locaties van oliecalamiteiten zijn goed geregistreerd. Dat resulteert in een betrouwbaarheidsclassificatie A.

Tabel 7: Betrouwbaarheid van de verschillende onderdelen van de emissieberekening

Onderdeel emissieberekening	betrouwbaarheids-classificatie
Emissieverklarende variabele	D
Emissiefactoren	C
Verdeling compartimenten	A
Emissieroutes naar water	A
Regionalisatie	A

De schatting van de hoeveelheid gemorste olie is gebaseerd op beperkt aantal gegevens. Wegens ontbreken van informatie over de aard van de gemorste olie is het gemiddeld PAK-profiel uit de Nederlandse registratie [2] aangehouden. Beide aspecten kunnen verbeterd worden door aanpassing en uitbreiding van de morsing registratie en bijhorende databank. Belangrijke aspecten daarbij zijn:

- Registratie van de aard van het gemorste product. Een volledig vrije omschrijving van de aard van het product resulteert in een moeilijk te verwerken dataset. Dit kan deels overkomen worden door een (getrapte) indeling van productcategorieën te voorzien in het registratiesysteem waaruit een selectie gemaakt moet worden.
- Registratie van de omvang van de morsing. Een volledig vrije omschrijving van de hoeveelheid gemorst product resulteert in een moeilijk te verwerken en onbetrouwbare dataset. Dit kan deels overkomen worden door (voor verschillende types calamiteiten) een standaard methodiek uit te werken voor het schatten van de omvang van de morsing.
- Aanleggen van een deeldatabank met stoffeigenschappen en samenstelling van (frequent) gemorste producten. Bij voorkeur wordt dergelijke productdatabank aangevuld met concrete (meet)gegevens voor de haven van Antwerpen. Specifiek voor oliecalamiteiten is het wenselijk om het PAK profiel te bepalen van de verschillende types minerale olie die voorkomen bij calamiteiten in de Antwerpse haven.
- Om bij de verwerking van de gegevens ook rekening te kunnen houden met eventuele vervluchtiging van gemorste producten, moet daar specifiek aandacht aan besteed worden bij de registratie van de aard van de gemorste producten en dient vervluchtiging ook opgenomen te worden in de databank met stoffeigenschappen.
- Registratie van de opruiming van gemorste producten. Een volledig vrije omschrijving van eventuele opruiming resulteert in een moeilijk te verwerken en onbetrouwbare dataset. Dit kan deels overkomen worden door (voor verschillende types calamiteiten) een standaard methodiek uit te werken voor het schatten van het verwijderde aandeel afhankelijk van de opruimtechniek.
- Een gebruiksvriendelijk en gestandaardiseerd registratiesysteem. Keuze mogelijkheden en beknopte uitleg bij de verschillende velden bevordert een meer gestroomlijnde invulling van een dergelijk registratiesysteem.

9 Referenties

- [1] CIW/CUWVO werkgroep VI, februari 1997. Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen.
- [2] Nederlandse emissieregistratie. Factsheet morsingen binnenwateren. Versie 2011.
- [3] Morsingen Binnenwateren, jaaroverzicht 1994, Werkgroep Olie- en Chemicaliënbestrijding (WOCB), Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland, 1994; idem, jaaroverzicht 1995, jaaroverzicht 1996, 1997, 1998, 2000. RWS RIZA inventarisatie jaren 2003, 2004, 2005 en 2006
- [4] Plug, J., Jaaroverzicht morsingen 2005 Amsterdam.
- [5] Knol, R.M., Morsingen in het verzorgingsgebied van de (Rijks-)Havenmeester van de regio Rotterdam-Rijnmond in 2005.

- [6] CONCAWE; Polycyclic aromatic hydrocarbons in automotive exhaust emissions and fuels, product dossier 98/55, CONCAWE Brussels, November 1998.
- [7] CONCAWE, Heavy Fuel oils, product dossier 98/109, CONCAWE Brussels, May 1999.
- [8] Most, P.F.J. van der et al., juli 1998. Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water. Publicatiereeks Emissieregistratie, nr. 44.