

Bijlage E. Uitgangspunten depositieberekeningen

Onderwerp:
VVEN - UITGANGSPUNTEN EN METHODIEK
DEPOSITIE BEREKENINGEN

Arnhem,
18 juni 2013

Projectnummer:
B02047.000031.0100

Van:
Justin Argante

Opgesteld door:
Justin Argante

Afdeling:
Divisie M&R Arnhem

Ons kenmerk:
077354835:B

Inleiding

In deze memo worden de methodiek en uitgangspunten beschreven zoals deze zijn gehanteerd voor de depositie berekeningen voor VVEN.

Allereerst wordt globaal de gehanteerde methodiek beschreven, waarna vervolgens eerst voor de realisatie fase en daarna voor de gebruiksfase de bepaalde emissies worden beschreven.

Methodiek

Met de pc-applicatie OPS-Pro versie 5.3.15 van het PBL/RIVM zijn berekeningen uitgevoerd naar de bijdrage in de realisatiefase en gebruiksfase van NO_x en SO₂ op Natura 2000 gebieden nabij het plangebied.

OPS MODEL

Het OPS-model is een analytisch model dat voor de lokale schaal gebruik maakt van de Gaussische dispersieformule. Voor transport over grote afstand werkt het model als een trajectoriemodel en bij tussenliggende situaties als een combinatie van beide. Op deze manier kunnen bijdragen van lokale, regionale en buitenlandse bronnen in één berekening worden gecombineerd, waardoor het mogelijk is om uitkomsten direct met metingen te vergelijken. Het model wordt gedreven door actuele meteorologische waarnemingen en is statistisch in de zin dat voorkomende verspreidingssituaties vooraf in een preprocessor worden verdeeld over een aantal klassen (transportrichting, atmosferische stabiliteit, transportschaal) waarbij de bijbehorende verspreidingsparameters worden bepaald aan de hand van de eigenschappen van alle trajectorieën die binnen de klasse vallen. Een jaargemiddelde concentratie of depositie wordt bepaald door het doorrekenen van alle klassen en door weging achteraf met de frequentie van voorkomen.

Er is gerekend op een regelmatig grid van 250 bij 250 meter tot een afstand van ca. 100 kilometer.

Uitgangspunten

Realisatiefase

De realisatiefase is op te delen in een drietal verschillende emissies: Het winnen van zand door baggerschepen, het lossen van zand door baggerschepen en het varen van de baggerschepen. In onderstaande sub-paragrafen wordt per type emissie de emissiebepaling weergegeven.

Winnen van zand

Conform de memo '20-Me-04.02 Uitgangspunten scheepsbewegingen', ARCADIS, van 31 mei 2013, zijn de bagger hoeveelheden aangehouden.

In totaal gaat het om een jaarlijkse hoeveelheid van ca. 6363500 m³ te baggeren zand. Deze hoeveelheid is onderverdeeld naar 3 baggerschepen: Baggerschip12, Baggerschip3 en Baggerschip4.

Uitgaande van 0,34 l brandstof per m³ te winnen zand, zijn de benodigde liters brandstof bepaald. Vervolgens is op basis van een soortelijk massa van 0,832 kg/liter (dieselolie)brandstof het aantal kilogram brandstof bepaald. In onderstaande tabel zijn de bagger hoeveelheden, het aantal benodigde liters brandstof en kilogram brandstof per baggerschip weergegeven.

Tabel 1: Te baggeren hoeveelheden zand en bijbehorend brandstofverbruik

	Hoeveelheid zand [m ³]	Brandstof [liter]	Brandstof [kg]
Baggerschip12	3613528	1228600	1022194.801
Baggerschip3	1705000	579700	482310.4
Baggerschip4	1045000	355300	295609.6

Op basis van de emissiefactoren voor binnenvaart-vrachtvervoer conform CBS statline, zijn de emissies NO_x en SO₂ bepaald.

In onderstaande tabellen zijn deze emissiefactoren en de berekende emissies weergegeven.

Tabel 2: Emissiefactoren per type brandstof, conform CBS statline

NO _x emissie [g/kg brandstof]	SO ₂ emissie [g/kg brandstof]
43,4	0,02

Tabel 3: Berekende jaarlijkse emissie voor het winnen van baggerspecie

	kg NO _x /jaar	kg SO ₂ /jaar
Baggerschip12	44363	20
Baggerschip3	20932	10
Baggerschip4	12829	6

Lossen van zand

Conform de memo '20-Me-04.02 Uitgangspunten scheepsbewegingen', ARCADIS, van 31 mei 2013, zijn de bagger hoeveelheden aangehouden.

In totaal gaat het om een jaarlijkse hoeveelheid van 6804263 m³ te baggeren zand. Deze hoeveelheid is onderverdeeld naar 3 baggerschepen: Baggerschip12, Baggerschip3 en Baggerschip4.

Het zand wordt doormiddel van dumpen (onderlosser) gestort. Uitgaande van 0,052 l brandstof per m³ te winnen zand, zijn de benodigde liters brandstof bepaald. Vervolgens is op basis van een soortelijk massa 0,832 kg/liter (dieselolie) brandstof het aantal kilogram brandstof bepaald. In Tabel 1 zijn de bagger hoeveelheden, het aantal benodigde liters brandstof en kilogram brandstof per baggerschip weergegeven.

Op basis van de emissiefactoren voor binnenvaart-vrachtvervoer conform CBS statline, zijn de emissies NO_x en SO₂ bepaald.

In Tabel 2 zijn deze emissiefactoren weergegeven. In onderstaande tabel zijn de berekende emissies weergegeven.

Tabel 4: Berekende jaarlijkse emissie voor het lossen van baggerspecie

	kg NO _x /jaar	kg SO ₂ /jaar
Baggerschip12	6785	3
Baggerschip3	3201	1
Baggerschip4	1962	1

Varen van baggerschepen

Conform de memo '20-Me-04.02 Uitgangspunten scheepsbewegingen', ARCADIS, van 31 mei 2013, zijn het aantal bewegingen van de baggerschepen in een jaar aangehouden. Hierbij is onderscheid gemaakt in baggerschip12, baggerschip3 en baggerschip4.

Voor de emissies is uitgegaan van de emissies horende bij een binnenvaartschip met een capaciteit van circa 12.000 ton. Per keer wordt ca. 5000 m³ bagger vervoerd. Nat zand heeft een soortelijk massa van ongeveer 1750 kg/m³. Dit levert ca. 9.000 ton aan bagger per keer.

De gehanteerde emissiefactoren zijn afkomstig uit 'STREAM International Freight 2011, CE Delft, juli 2011' en weergegeven in onderstaande tabel. Hierbij zijn de emissiefactoren geïnterpoleerd tussen 2009 en 2020 om te komen tot de emissiecijfers voor 2018 (jaar van realisatie).

Tabel 5: Emissiefactoren binnenvaartschip 12.000 ton conform STREAM International Freight 2011

2018		
Capacity	Load capacity (tonne)	12000
TTW	MJ/ tkm	0.22
TTW emissions (g/tkm)	CO2	16
	SO2	0.0018
	PM2.5	0.0067
	NOx	0.20

In onderstaande afbeelding zijn de vaarroutes weergegeven van de baggerschepen zoals deze zijn gemodelleerd. Waarbij baggerschip12 over een lengte van 34,5 km = geel; baggerschip3 over een lengte van 13 km = groen; baggerschip4 over een lengte van 11 km = blauw.

Afbeelding 1: gemodelleerde vaarroutes baggerschepen



In onderstaande tabel zijn de bepaalde emissie weergegeven per route/baggerschip.

Tabel 6: Gehanteerde emissies voor varende baggerschepen

	Afstand [KM]	emissie NOx [g/jaar] voor hele route	emissie SO2 [g/jaar] voor hele route	emissie PM2.5 [g/jaar] voor hele route	aantal vaarbewegin gen
Baggerschip12	8	27625750	253551	935996	1445
Baggerschip3	12	19552320	179453	662458	682
Baggerschip4	12	11983680	109987	406022	418

Gebruiksfase

Varende zeeschepen buitengaats

Conform de memo '20-Me-04.02 Uitgangspunten scheepsbewegingen', ARCADIS, van 31 mei 2013, zijn het aantal bewegingen van zeeschepen per jaar aangehouden. Hierbij zijn de volgende jaren beschouwd: HS 2013, Autonoom 2019, Plan 2019, Autonoom 2028 en Plan 2028.

Het aantal schepen is ingedeeld in GT klassen. Op basis van de verhouding bulk versus container schepen buitengaats zijn de emissiefactoren gecorrigeerd. De gehanteerde emissiefactoren zijn afkomstig uit het 'EMS-protocol, Emissies door verbrandingsmotoren van varende en manoeuvrerende zeeschepen op het Nederlands grondgebied', 22 november 2003.

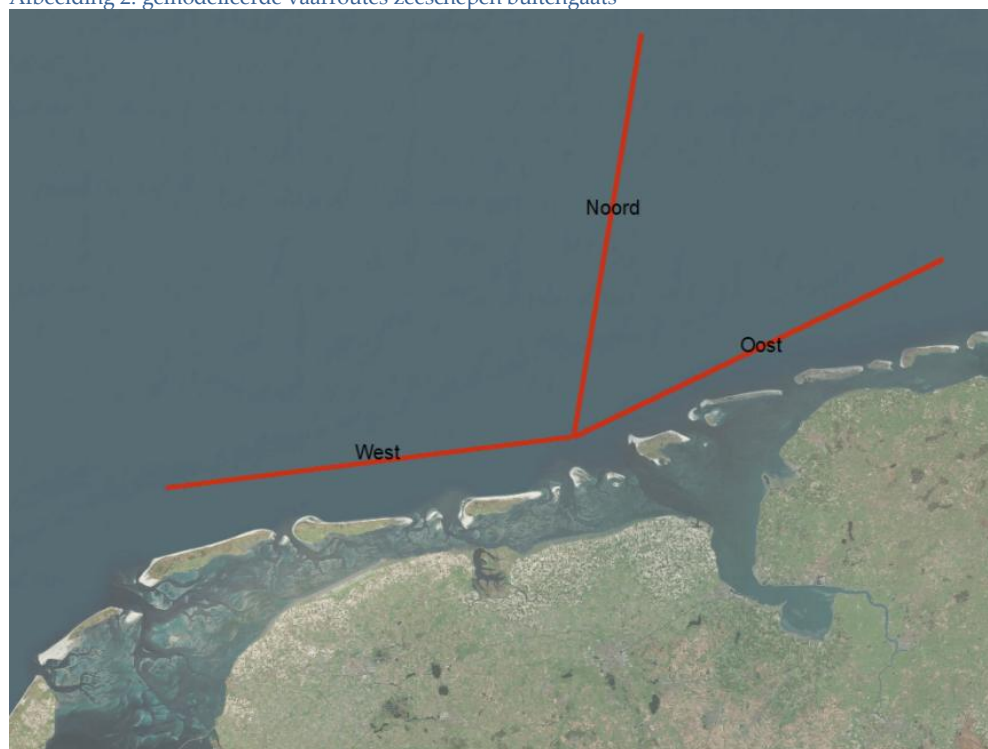
In onderstaande tabel zijn de gehanteerde (gecorrigeerde) emissiefactoren weergegeven.

Tabel 7: Gehanteerde emissiefactoren (voor 2020), gecorrigeerd op basis van 87% bulk versus 13% container buitengaats

GT klassen			
van	tot	NOx	SO2
500	999	5.13E-04	3.01E-04
1000	1599	4.38E-04	1.65E-04
1600	9999	3.23E-04	2.00E-04
10000	29999	2.33E-04	1.39E-04
29999	59999	1.60E-04	9.76E-05
60000	99999	1.06E-04	6.98E-05
100000	999999	8.26E-05	4.96E-05

In onderstaande afbeelding zijn de gehanteerde routes weergegeven buitengaats. Hierbij is onderscheid gemaakt in een route 'noord', 'west' en 'oost'. Deze drie routes zijn allen 82 kilometer lang.

Afbeelding 2: gemodelleerde vaarroutes zeeschepen buitengaats



Bij het bepalen van de emissies is rekening gehouden met het schoner worden van zeeschepen op basis van IMO-eisen. Hiervoor is een correctie gehanteerd van 8,1% voor 2013, 17,8% voor 2019 en 42,3% voor 2028.

Daarnaast is, gezien er op volle vaart gevaren wordt buitengaats (voornamelijk), een deellast (% MCR) gehanteerd van >50%, hiervoor is een factor 1 gehanteerd voor het energieverbruik.

In onderstaande tabel zijn per route de totale emissies weergegeven per peiljaar.

Tabel 8: gehanteerde emissies varende zeeschepen buitengaats per route van 82 kilometer

Route	NO _x emissie per route [g/s]					SO ₂ emissie per route [g/s]				
	HS 2013	AO 2019	Plan 2019	AO 2028	Plan 2028	HS 2013	AO 2019	Plan 2019	AO 2028	Plan 2028
Noord	1,59	1,88	1,88	1,44	1,44	0,59	0,79	0,79	0,84	0,84
Oost	5,16	5,68	5,68	4,82	4,82	1,93	2,37	2,37	2,83	2,83
West	22,23	34,96	38,97	27,99	30,81	8,28	14,32	15,88	16,11	17,67

Varende zeeschepen in geul

Conform de memo '20-Me-04.02 Uitgangspunten scheepsbewegingen', ARCADIS, van 31 mei 2013, zijn het aantal bewegingen van zeeschepen per jaar aangehouden. Hierbij zijn de volgende jaren beschouwd: HS 2013, Autonoom 2019, Plan 2019, Autonoom 2028 en Plan 2028.

Het aantal schepen is ingedeeld in GT klassen. Op basis van de verhouding bulk versus container schepen in de geul zijn de emissiefactoren gecorrigeerd. De gehanteerde emissiefactoren zijn afkomstig uit het 'EMS-protocol, Emissies door verbrandingsmotoren van varende en manoeuvrerende zeeschepen op het Nederlands grondgebied', 22 november 2003.

In onderstaande tabel zijn de gehanteerde (gecorrigeerde) emissiefactoren weergegeven.

Tabel 9: Gehanteerde emissiefactoren, gecorrigeerd op basis van % bulk versus container in geul

GT klassen		NO _x	SO ₂
van	tot		
500	999	5.13E-04	3.01E-04
1000	1599	4.38E-04	1.65E-04
1600	9999	3.23E-04	2.00E-04
10000	29999	2.33E-04	1.39E-04
29999	59999	1.61E-04	9.83E-05
60000	99999	1.08E-04	7.08E-05
100000	999999	8.26E-05	4.96E-05

Per kilometersectie (70 t/m 111), conform memo '20-Me-04.02 Uitgangspunten scheepsbewegingen', ARCADIS, van 31 mei 2013, zijn intensiteiten bekend. Per kilometersectie is de totale emissie berekend per peiljaar.

Hierbij is op basis van de gemiddelde snelheden per kilometersectie de deellast bepaald op basis van 'Atmosferische depositie en effecten daarvan door scheepvaarttoename in verruimde vaargeul, Eemshaven-Noordzee', 6 april 2009, Royal Haskoning.

Op basis van 'EMS-protocol, Emissies door verbrandingsmotoren van varende en manoeuvrerende zeeschepen op het Nederlands grondgebied', 22 november 2003, is de correctie op de NO_x emissie toegepast op basis van het aangesproken vermogen.

In onderstaande tabel is per kilometersectie de gehanteerde snelheid, deellast, NO_x correctie en emissies NO_x en SO₂ weergegeven.

Tabel 10: gehanteerde snelheden en correcties per kilometersectie in geul

d [km]	x [m_RD]	y [m_RD]	Snelheid [km/h]	Deellast [%MCR]	Energie correctie	NO _x correctie
70	251220	609339	11,1	10	0,12	1,34
71	251371	610040	11,1	10	0,12	1,34
72	251457	610741	11,1	10	0,12	1,34
73	251156	611442	11,1	10	0,12	1,34
74	250443	612143	11,1	10	0,12	1,34
75	249729	612843	11,1	10	0,12	1,34
76	249016	613544	11,1	10	0,12	1,34
77	248276	614214	11,1	10	0,12	1,34
78	247485	614823	11,1	10	0,12	1,34
79	246674	615409	11,1	10	0,12	1,34
80	245864	615995	11,1	10	0,12	1,34
81	245054	616581	13,9	10	0,21	1,17
82	244244	617168	13,9	10	0,21	1,17
83	243434	617754	13,9	10	0,21	1,17
84	242623	618340	13,9	10	0,21	1,17
85	241813	618926	13,9	10	0,21	1,17
86	241003	619513	13,9	10	0,21	1,17
87	240193	620099	16,7	15	0,33	1,06
88	239382	620685	16,7	15	0,33	1,06
89	238572	621271	16,7	15	0,33	1,06
90	237762	621858	16,7	15	0,33	1,06
91	236952	622444	16,7	15	0,33	1,06
92	236142	623030	16,7	15	0,33	1,06
93	235331	623617	16,7	15	0,33	1,06
94	234521	624203	16,7	15	0,33	1,06
95	233711	624789	16,7	15	0,33	1,06
96	232901	625376	16,7	15	0,33	1,06
97	232043	625812	16,7	15	0,33	1,06
98	231027	625838	16,7	15	0,33	1,06
99	230027	625843	16,7	15	0,33	1,06
100	229027	625848	16,7	15	0,33	1,06
101	228027	625853	16,7	15	0,33	1,06
102	227027	625858	16,7	15	0,33	1,06

d [km]	x [m_RD]	y [m_RD]	Snelheid [km/h]	Deellast [%MCR]	Energie correctie	NO _x correctie
103	226027	625863	16,7	15	0,33	1,06
104	225027	625868	16,7	15	0,33	1,06
105	224027	625873	16,7	15	0,33	1,06
106	223027	625878	16,7	15	0,33	1,06
107	222027	625883	16,7	15	0,33	1,06
108	221026	625888	16,7	15	0,33	1,06
109	220026	625893	16,7	15	0,33	1,06
110	219026	625898	16,7	15	0,33	1,06
111	218026	625903	16,7	15	0,33	1,06

Tabel 11: gehanteerde emissies per kilometersectie in geul per peiljaar

d [km]	NO _x emissie per km-sectie [kg/jaar]					SO ₂ emissie per km-sectie [kg/jaar]				
	HS 2013	AO 2019	Plan 2019	AO 2028	Plan 2028	HS 2013	AO 2019	Plan 2019	AO 2028	Plan 2028
70	27	29	29	29	29	9	11	11	14	14
71	229	455	493	407	381	69	161	166	189	184
72	281	521	788	625	438	84	183	261	288	210
73	2483	3332	3599	2917	2729	691	1036	1114	1274	1197
74	2629	3502	3770	3072	2885	736	1098	1176	1350	1272
75	2639	3514	3781	3084	2897	739	1103	1180	1356	1278
76	2646	3520	3788	3093	2905	741	1106	1183	1360	1282
77	2647	3521	3789	3094	2906	742	1106	1184	1361	1283
78	2647	3521	3789	3094	2906	742	1106	1184	1361	1283
79	2645	3520	3788	3093	2905	741	1106	1183	1360	1283
80	2645	3520	3787	3092	2905	741	1105	1183	1360	1282
81	4035	5407	5815	4719	4432	1295	1932	2067	2377	2241
82	4035	5406	5814	4718	4432	1295	1931	2067	2376	2241
83	4034	5406	5813	4718	4431	1295	1931	2067	2376	2240
84	4031	5403	5811	4717	4430	1293	1930	2066	2375	2239
85	4036	5408	5816	4720	4433	1295	1932	2068	2377	2241
86	4038	5410	5818	4721	4435	1296	1933	2068	2378	2242
87	5769	7770	8353	6746	6337	2043	3048	3262	3750	3536
88	5768	7770	8353	6746	6337	2043	3048	3262	3750	3536
89	5767	7769	8352	6745	6336	2042	3047	3261	3749	3535
90	5766	7768	8351	6744	6335	2042	3046	3260	3749	3535
91	5765	7767	8350	6743	6334	2042	3046	3260	3748	3534
92	5765	7767	8350	6743	6334	2042	3046	3260	3748	3534
93	5764	7766	8349	6743	6334	2041	3046	3260	3748	3534
94	5765	7767	8349	6743	6334	2041	3046	3260	3748	3534
95	5764	7766	8349	6743	6334	2041	3046	3260	3748	3534
96	5764	7766	8348	6742	6333	2041	3045	3259	3747	3533

d [km]	NO _x emissie per km-sectie [kg/jaar]					SO ₂ emissie per km-sectie [kg/jaar]				
	HS 2013	AO 2019	Plan 2019	AO 2028	Plan 2028	HS 2013	AO 2019	Plan 2019	AO 2028	Plan 2028
97	5763	7765	8348	6741	6332	2041	3045	3259	3747	3533
98	5669	7660	8243	6651	6242	2002	2995	3209	3687	3473
99	5590	7577	8159	6581	6172	1970	2956	3170	3642	3428
100	5513	7492	8075	6513	6103	1938	2916	3130	3597	3383
101	5467	7441	8023	6470	6061	1919	2892	3106	3569	3355
102	5464	7437	8020	6467	6058	1918	2890	3105	3567	3353
103	5426	7391	7974	6436	6027	1905	2873	3087	3549	3335
104	5354	7323	7906	6377	5968	1880	2846	3060	3517	3303
105	5226	7187	7766	6260	5851	1832	2789	3001	3447	3233
106	4517	6455	7033	5640	5231	1589	2508	2721	3110	2896
107	4341	6264	6843	5487	5078	1529	2435	2648	3026	2812
108	3804	5687	6266	4995	4586	1340	2207	2420	2752	2538
109	3497	5357	5940	4715	4306	1236	2081	2295	2598	2384
110	3284	5115	5698	4503	4094	1152	1973	2187	2466	2252
111	2776	4524	5107	4001	3592	974	1742	1956	2187	1973

Voor de modelleringen zijn per kilometersectie meerdere emissiepunten gehanteerd, waarbij de emissie per kilometersectie evenredig over deze punten zijn verdeeld.

Sleepboten in geul

Voor grote schepen worden sleepboten ingezet om deze de haven in te slepen. In de plansituatie zullen 117 extra Panamax schepen per jaar de haven binnen gesleept worden.

Op basis van 'Atmosferische depositie en effecten daarvan door scheepvaarttoename in verruimde vaargeul, Eemshaven-Noordzee', 6 april 2009, Royal Haskoning, zijn emissies per panamax per bezoek per locatie aangehouden.

In onderstaande tabellen zijn de totale emissies per locatie weergegeven voor NO_x en SO₂. In onderstaande afbeelding zijn deze locaties weergegeven. In groen in- en uitvaart 1 en in oranje in- en uitvaart 2.

Afbeelding 3: gemodelleerde vaarroutes sleepboten



Tabel 12: gehanteerde NO_x emissies sleepboten

Locatie sleepboten	verblijftijd [min]	emissie NO _x [kg/hr]	emissie per bezoek [kg NO _x /bezoek]	aantal bezoeken	emissie per jaar [kg NO _x /jr]
Invaart 1	60	31.7	31.7	117	3709
Invaart 2	60	15.9	15.9	117	1860
Uitvaart 1	30	31.7	15.9	117	1860
Uitvaart 2	60	15.9	15.9	117	1860

Tabel 13: gehanteerde SO₂ emissies sleepboten

Locatie sleepboten	verblijftijd [min]	emissie SO ₂ [kg/hr]	emissie per bezoek [kg SO ₂ /bezoek]	aantal bezoeken	emissie per jaar [kg SO ₂ /jr]
Invaart 1	60	11	11	117	1287
Invaart 2	60	5.5	5.5	117	644
Uitvaart 1	30	11	5.5	117	644
Uitvaart 2	60	5.5	5.5	117	644

De totale emissies per locatie zijn evenredig verdeeld over de punten zoals weergegeven in bovenstaande afbeelding.

Stilliggende zeeschepen

In de plansituatie zullen 117 extra Panamax schepen per jaar de haven binnen gesleept worden, waarna deze aan de kade stilliggen.

Voor de ligduren is aangesloten bij de ligduren zoals deze zijn opgenomen in het EMS-protocol Verbrandingsemissies door stilliggende zeeschepen in havens.

In onderstaande tabel zijn de gehanteerde emissiefactoren weergegeven, waarbij is uitgegaan van 50% HFO en 50% MDO. Er is uitgegaan van een gemiddelde grootte van 10.000 GT per schip, een brandstofgebruik van 2,8 kg/1000GT.uur en een ligduur van 48 uur.

Tabel 14: Emissiefactoren uit EMS-protocol verbrandingsemissies door stilliggende zeeschepen in havens

Brandstof	Emissiefactor NO _x [g/kg brandstof]	Emissiefactor SO ₂ [g/kg brandstof]
HFO	4.1	54
MDO	3.5	20
Gemiddeld bij 50%/50%	3.8	37

In onderstaande tabel zijn de berekende brandstof hoeveelheden en emissies weergegeven.

Tabel 10: Emissiefactoren uit EMS-protocol verbrandingsemissies door stilliggende zeeschepen in havens

Brandstofverbruik [kg/jaar]	NO _x emissie [kg NO _x /jaar]	SO ₂ emissie [kg SO ₂ /jaar]
154216	586	5706