

**Emissie van lood naar de  
Nederlandse zoete en zoute wateren  
door verlies van vislood in de  
sportvisserij**

Janneke Klein  
Jos Vink

1208176-000

**Titel**

Emissie van vislood naar de Nederlandse zoete en zoute wateren door verlies van vislood in de sportvisserij

**Opdrachtgever**

Rijkswaterstaat Water,  
Verkeer en Leefomgeving

**Project**




1208176-000

**Kenmerk**

1208176-000-ZWS-0006

**Pagina's**

34

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	dec. 2013	Janneke Klein		Erwin Roex		Sacha de Rijk	
		Jos Vink					

**Status**

definitief

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Doelstelling	1
1.2	Leeswijzer	1
<b>2</b>	<b>Inventarisatie informatie</b>	<b>2</b>
2.1	Zoet water	2
2.1.1	Verkoopcijfers vislood	2
2.1.2	Enquête Sportvisserij Nederland	2
2.1.3	Gebruik loodclip	2
2.1.4	Gebruik feederkorven	2
2.1.5	Rapport economische betekenis	3
2.1.6	Informatie van de website van Sportvisserij Nederland	3
2.1.7	Ontwikkeling omvang sportvisserij	3
2.2	Zout water	4
2.2.1	Verkoopcijfers vislood	4
2.2.2	Enquête Sportvisserij Nederland	4
2.2.3	Rapport economische betekenis	4
2.2.4	Informatie van de website van Sportvisserij Nederland	5
2.2.5	Inschatting loodverlies per vorm van zeesportvisserij	5
2.2.6	Ontwikkeling omvang sportvisserij	5
<b>3</b>	<b>Belasting Nederlandse wateren met vislood</b>	<b>7</b>
3.1	Zoet water	7
3.1.1	Tijdserie loodverlies zoet water	8
3.2	Zout water	8
3.2.1	Tijdserie loodverlies zout water	8
<b>4</b>	<b>Inschatting emissie naar oppervlaktewater</b>	<b>9</b>
4.1	Corrosiesnelheid van lood	9
4.2	Emissie van lood naar zoet oppervlaktewater; scenario's	10
4.3	Corrosie en emissie van lood in zoutemilieu	12
4.4	Invloed van milieuomstandigheden	13
4.5	Mogelijkheden voor regionale indeling naar emissie of risico	14
4.6	Cumulatieve belasting t.b.v. EmissieRegistratie	15
4.7	Vergelijking loodemissie sportvisserij met andere bronnen	16
<b>5</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>18</b>
5.1	Conclusies	18
5.1.1	Emissie lood door de sportvisserij	18
5.2	Aanbevelingen	18
<b>6</b>	<b>Referenties</b>	<b>20</b>

**Bijlage(n)**

<b>A Inventarisatie informatie</b>	<b>A-1</b>
A.1 Zoet water	A-1
A.1.1 Gebruik loodclip	A-1
A.1.2 Gebruik feederkorven	A-1
A.1.3 Informatie van de website van Sportvisserij Nederland	A-1
A.2 Zout water	A-2
A.2.1 Informatie van de website van Sportvisserij Nederland	A-2
A.2.2 Inschatting loodverlies per vorm van zeesportvisserij	A-2
<b>B Afleiding cumulatieve emissiewaarden</b>	<b>B-1</b>
<b>C Vergelijking loodemissie sportvisserij met loodbelasting door uitloging van loodslabben</b>	<b>C-1</b>

## 1 Inleiding

Sportvissers gebruiken lood voor het verzwaren en verankeren van het vistuig. Door verlies komt dit vislood in het watermilieu terecht en zal voornamelijk ophopen in de waterbodem. In de huidige EmissieRegistratie (ER) factsheet 'Gebruik van lood door de sportvisserij' (2012a) wordt de loodemissie door de sportvisserij in 2010 geschat op 305 kg voor zoet en 283 kg voor zout water. Deze emissieschattingen zijn gebaseerd op verkoopcijfers van vislood uit 1993 uit het visloodoverleg (Rijs, 1996). Hierbij is aangenomen dat zoet oppervlaktewater wordt belast met ca. 28 ton vislood en de kustwateren met ca. 26 ton lood vanuit de sportvisserij. Met behulp van het aantal inwoners in 1993 is een emissiefactor (EF) per inwoner bepaald. Omdat tijdreeksen van het aantal sportvissers in de tijd ontbreken is de emissieverklarende variabele (EVV) het aantal inwoners in Nederland. Vermenigvuldiging van de EF met de EVV levert de jaarlijkse loodemissie op. Omdat lood niet direct in oplossing gaat maar langzaam corrodeert, wordt deze jaarlijkse loodemissie door een factor 100 gedeeld om de jaarlijkse opgeloste loodfractie die in het oppervlaktewater vrijkomt, te berekenen.

Het ministerie van I&M heeft Deltares gevraagd een update te maken van de emissieschatting van lood vanuit de sportvisserij ten behoeve van de EmissieRegistratie.

### 1.1 Doelstelling

De doelstelling van dit project is:

- Het maken van een onafhankelijke emissieschatting van het loodverlies in de sportvisserij in zowel zoet binnenwater als voor de zee- en kust-sportvisserij op basis van de beschikbare gegevens;
- Op basis van expert judgement een inschatting maken van het jaarlijks in oplossing geraken van de op de bodem achtergelaten vislood in zoet en zout oppervlaktewater;
- Het inbedden van de geactualiseerde emissieschattingen in de factsheet 'Gebruik van lood door de sportvisserij (zoet en zout)' en in de methodiekontwikkeling van de EmissieRegistratie.

De opdrachtgever heeft expliciet aangegeven, dat er geen uitgebreide literatuurstudie zal worden uitgevoerd. Daarnaast heeft de opdrachtgever gevraagd een tweetal vergelijkingen uit te voeren: 1) een vergelijking tussen het huidige en nieuwe aandeel van vislood vanuit de sportvisserij op de totale loodbelasting van het oppervlaktewater en 2) een vergelijking van de loodbelasting op oppervlaktewater tussen het vrijkomen vanuit de sportvisserij en vanuit uitloging van loodslabben in woningen en utiliteitsbouw.

Dit onderzoek heeft zich beperkt tot de sportvisserij. Eventueel loodverlies in de beroepsvisserij is buiten beschouwing gelaten.

### 1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de beschikbare informatie die gebruikt kan worden om een inschatting te maken van de belasting van het oppervlaktewater met vislood vanuit de sportvisserij. De interpretatie van de verschillende informatiebronnen en de inschatting van de belasting van zoete en zoute wateren met vislood komt in hoofdstuk 3 aan bod. In hoofdstuk 4 wordt een inschatting gemaakt van de emissie van lood naar het oppervlaktewater. In dit hoofdstuk komen ook de verschillende parameters die deze emissie bepalen en de onzekerheden die daarbij horen aan de orde. De conclusies en aanbevelingen staan weergegeven in hoofdstuk 5.

## 2 Inventarisatie informatie

In dit hoofdstuk worden voor zowel zoet als zout water verschillende bronnen van informatie beschreven. Elke bron van informatie wordt in een aparte subparagraaf beschreven en detailinformatie staat in Bijlage A. De informatie wordt beschreven zoals aangeleverd, zonder eigen interpretatie. De interpretatie van de verschillende informatiebronnen komt in hoofdstuk 3 aan bod.

### 2.1 Zoet water

#### 2.1.1 Verkoopcijfers vislood

Door Rijs (1996) is een inschatting gemaakt van de loodemissie door de sportvisserij van maximaal 28 ton/jaar naar het zoete oppervlaktewater. Deze inschatting is gebaseerd op verkoopcijfers.

Deze inschatting is, na correctie voor het inwoneraantal en het in oplossing gaan, gebruikt voor de huidige emissiecijfers in de EmissieRegistratie (ER factsheet 'Gebruik van lood door de sportvisserij' (2012a).

#### 2.1.2 Enquête Sportvisserij Nederland

Door Sportvisserij Nederland is in 2008 een enquête uitgevoerd onder lezers van het Visblad (Brevé, 2009). 4175 mensen uit het adresbestand van het Visblad ontvingen de enquête en 1011 (24%) hiervan vulde de enquête in.

Uit de enquête komt naar voren dat de respondenten op zoete wateren gemiddeld 135 gram lood per jaar verliezen. In de enquête staat beschreven dat de visfrequentie voor de gemiddelde sportvisser lager ligt dan voor de respondenten (13,7 versus 30,7). Op basis hiervan kan een ruwe schatting gemaakt worden van het loodverlies onder sportvissers op zoete wateren (60 gram per persoon per jaar). Volgens Brevé (2009) levert dit een totaal loodverlies van 60 ton op als uitgegaan wordt van 1 miljoen mannelijke sportvissers (in 2008) actief op zoete wateren.

Het verloren gewicht aan lood per persoon per jaar komt redelijk overeen met resultaten uit studies uit Canada (Scheuhammer e.a., 2003), waarin een verlies van 100 gram per visser per jaar wordt geschat, en een Europese studie (Europese Commissie, 2004), waarin een range wordt aangegeven van 100 tot 400 gram voor een aantal Europese landen. Uitzondering hierop vormen Zweden met 2 gram en Polen met een schatting van rond de 2 kg per visser per jaar.

Aandachtspunt bij de resultaten van dit onderzoek is dat de gehouden enquête onder lezers van het Visblad niet geheel representatief is geweest voor de Nederlandse sportvisser gezien de hoge visfrequentie en de hoge gemiddelde leeftijd. In de enquête zelf wordt daarom aanbevolen aanvullend onderzoek uit te voeren.

#### 2.1.3 Gebruik loodclip

Bij de karpervisserij wordt de loodclip gebruikt, een mechaniekje wat het lood kan loskoppelen bij een beet van een vis. De verwachting is dat door het toenemende gebruik van deze loodclip het verlies van lood op zoet water zal toenemen. Door Modified Materials is een grove schatting van deze hoeveelheid gemaakt, welke uitkomt op 250 ton lood per jaar in zoet water (zie Bijlage A).

#### 2.1.4 Gebruik feederkorven

Q-baits schat in dat er per jaar 50 ton lood wordt verloren door verlies van feederkorven. De redenering achter de berekening staat weergegeven in Bijlage A.

## 2.1.5 Rapport economische betekenis

Voor zoet water is door Smit et al. (2004) een overzicht gemaakt van het aantal mannelijke 15+ sportvissers op verschillende typen wateren op basis van de TNS-NIPO enquête met getallen over 2003 (zie Tabel 2.1). Andere categorieën vissers (jeugd, vrouwen en toeristen) worden hier buiten beschouwing gehouden, omdat hierover te weinig gegevens bekend zijn, en deze qua aantal en frequentie vele malen kleiner zijn dan de categorie mannelijke vissers ouder dan 14 jaar.

Tabel 2.1 Overzicht aantal mannelijke 15+ sportvissers (Smit et al., 2004).

	Aantal sportvissers	Zoet	Zoet en zout	Visfrequentie (dagen/jaar)	Aantal vismandagen per jaar
Man (15+)	913.000	650.000	260.000	15	13,7 miljoen

## 2.1.6 Informatie van de website van Sportvisserij Nederland

Op de website van Sportvisserij zijn feiten en cijfers te vinden over de sportvisserij in Nederland. De informatie die op de site is gevonden, staat weergegeven in Bijlage A, paragraaf A.1.3, Er wordt gesteld dat Nederland in totaal ruim 2 miljoen sportvissers telt. Een bronvermelding wordt echter niet genoemd.

## 2.1.7 Ontwikkeling omvang sportvisserij

Door Sportvisserij Nederland is een overzicht gemaakt van het aantal mannelijke 15+ sportvissers en de visfrequentie (Tabel 2.2) op basis van verschillende in het verleden uitgevoerde onderzoeken (Sportvisserij Nederland, 2013).

Tabel 2.2 Overzicht van het aantal mannelijke 15+ sportvissers en de visfrequentie op binnenwateren op basis van verschillende in het verleden uitgevoerde onderzoeken.

Jaar	Aantal mannelijke 15+ sportvissers op binnenwateren	Visfrequentie (dagen/jaar)	Bronvermelding
1972	1.160.000	43	ITS, De Nederlandse Sportvisser 1972
1980/1981	1.070.000	30	Bongers, 1982
2004	1.000.000	13,7	Boutkan, 2004
2009-2010	904.559	11,3	Van der Hammen & De Graaf
2011	800.000	9,9	Van der Hammen & De Graaf

Sportvisserij Nederland (Sportvisserij Nederland, 2013) concludeert voor binnenwateren het volgende uit dit overzicht: "Voor het binnenwater blijkt dat t.o.v. 1970 het aantal vissende mannen is afgenomen met ca. een kwart miljoen en de visfrequentie nog maar een kwart is van in 1970. Gecombineerd kan dit niets anders betekenen dan dat het loodverbruik in die periode niet kan zijn toegenomen maar eerder (fors) moet zijn afgenomen. Dit ondanks het gegeven dat bij de huidige populaire sportvistechieken op het binnenwater, zoals het feedervissen en karpervissen met zwaardere loodgewichten wordt gevist als in 1970."

## 2.2 Zout water

### 2.2.1 Verkoopcijfers vislood

Door Rijs (1996) is een inschatting gemaakt van de loodemissie door de sportvisserij van maximaal 26 ton/jaar naar de zee- en kustwateren. Deze inschatting is gebaseerd op verkoopcijfers.

Deze inschatting is, na correctie voor het inwoneraantal en het in oplossing gaan, gebruikt voor de huidige emissiecijfers in de EmissieRegistratie (ER factsheet 'Gebruik van lood door de sportvisserij' (2012a).

### 2.2.2 Enquête Sportvisserij Nederland

Uit de resultaten van de enquête onder lezers van het Visblad (Brevé, 2009) bleek dat het aantal respondenten dat exclusief op zee vist te laag (49 personen) is om specifiek voor deze groep een betrouwbare extrapolatie uit te voeren. Omdat algemeen bekend is dat zeesportvissers het meeste lood verspelen, wordt aanbevolen de groep zeesportvissers apart te benaderen (Brevé, 2009).

Op basis van de 49 respondenten komt het jaarlijkse loodverlies per visser op zee op 1129 gram uit.

### 2.2.3 Rapport economische betekenis

Onderstaande informatie is afkomstig uit het rapport van Smit et al. (2004).

Binnen de zeesportvisserij zijn drie vormen te onderscheiden:

- Vanaf de kust (stranden, zeedijken, golfbrekers en havenhoofden).
- Vanuit kleine sportvisbootjes (bootjesvisserij):
  - o Waddenzee
  - o Hollandse kustwateren
  - o Voordelta en Zeeland:
    - In de Voordelta zijn op drukke dagen tussen de 200 en 300 sportvisbootjes, dit gaat om ca. 1000 sportvissers
    - Op drukke dagen vissen er ca. 240 sportvissers vanuit bootjes op de Oosterschelde

Er zijn naar schatting 6000 tot 7000 kleine bootjes.

- Vanuit grote sportvisserijschepen (opstapvisserij) die zijn ingericht om groepen sportvissers mee te nemen:
  - o Waddenzee: een kleine vijftig opstapschepen actief; de meeste schepen zijn geschikt voor groepen van 20-40 personen, op de wat grotere kunnen 40-50 personen. Een berekening uit 2002 van het LEI komt uit op 70.000 vismandagen.
  - o Noordzee (Hollandse kustwateren en Voordelta): 25 grote opstapschepen en 15 kleine (6-12 personen) actief. Het gemiddeld aantal opstappers is 35.
  - o Oosterschelde: ruim 40 opstapschepen met een aantal plaatsen variërend van 25 tot 50 personen.

Voor de kabeljauwvisserij is door Smit et al. (2004) een specifieke inschatting van het aantal visdagen per jaar gemaakt (zie Tabel 2.3).



Tabel 2.3 Schatting aantal visdagen per jaar voor de kabeljauwvisserij voor de verschillende vormen zeesportvisserij.

Vorm zeesportvisserij	Aantal visdagen per jaar
Opstapschepen	52.000
Opstapschepen klein*	4.200
Kleine bootjes a)	2.000
Kleine bootjes b)	1.000
Kleine bootjes c)	2.000
Kleine bootjes d)	2.000
Kantvisserij	50.000
<b>Totaal</b>	<b>113.200</b>

a) Gespecialiseerde kabeljauw wrakbootjes, gemiddeld 40 dagen per jaar;

b) 50 bootjes die in de wintermaanden wel op kabeljauw vissen, gemiddeld 20 dagen per jaar;

c) 400 bootjes die incidenteel op kabeljauw vissen, gemiddeld 5 dagen per jaar;

d) 1000 bootjes die incidenteel op kabeljauw vissen, gemiddeld 2 dagen per jaar.

#### 2.2.4 Informatie van de website van Sportvisserij Nederland

Op de website van Sportvisserij zijn feiten en cijfers te vinden over de sportvisserij in Nederland. Er wordt gesteld dat er totaal 650.000 Nederlandse zeesport vissers zijn, waarvan 505.000 mannen, 78.000 vrouwen en 68.000 kinderen jonger dan 15 jaar. In het zoute water wordt door de mannen gemiddeld acht keer per jaar gevestigd. Uitgebreidere informatie is weergegeven in Bijlage A, paragraaf A.2.1.

#### 2.2.5 Inschatting loodverlies per vorm van zeesportvisserij

Door Modified Materials is een grove schatting van het loodverlies gemaakt op basis van het aantal schepen en mandagen voor verschillende vormen van zeesport vissers. De gehanteerde parameters en de uitkomst van de berekening staan weergegeven in Bijlage A, paragraaf A.2.2. Het berekende resultaat van het loodverlies per vorm van zeesportvisserij en het totaal berekende loodverlies staan weergegeven in Tabel 2.4. Modified Materials komt uit op een totaal loodverlies van 450 ton per jaar door de zeesportvisserij.

Tabel 2.4 Totale inschatting loodverlies door zeesportvisserij zoals berekend door Modified Materials.

Vorm zeesportvisserij	Loodverlies (ton)
Zeevis charters	300
Broodvisserij	90
Bootvissen ZW delta en Wadden	10
Kantvissen	50
<b>Totaal</b>	<b>450</b>

#### 2.2.6 Ontwikkeling omvang sportvisserij

Door Sportvisserij Nederland is een overzicht gemaakt van het aantal mannelijke 15+ sportvissers en de visfrequentie (Tabel 2.5) op basis van verschillende in het verleden uitgevoerde onderzoeken (Sportvisserij Nederland, 2013).

Tabel 2.5 Overzicht van het aantal mannelijke 15+ sportvissers en de visfrequentie op zout water op basis van verschillende in het verleden uitgevoerde onderzoeken.

	Aantal* op zee	Frequentie**	Aantal* op zoet en zout	Frequentie	Aantal (ook) op zee	Frequentie	Bronvermelding
1972	90.000	Onbekend	375.000	8			ITS, De Nederlandse Sportvisser 1972
1980/1981	100.000		300.000	7			Bongers, 1982
2006					505.000	7,8	Duijser & Bemer, 2007
2009-2010					470.000	5,3	Van der Hammen & De Graaf (2012)
2011					400.000	5	Van der Hammen & De Graaf (2012)

\* Hier wordt het aantal mannelijke 15+ sportvissers gegeven.

\*\* Dit is de visfrequentie in dagen/jaar.

\*\*\* Hier is voor het aantal vissers dat alleen op zee vist dezelfde visfrequentie aangehouden als de visfrequentie van de sportvissers die zowel op zoet als zout water vissen. Dit zal een onderschatting geven van de visfrequentie, maar de werkelijke visfrequentie is niet bekend.

### 3 Belasting Nederlandse wateren met vislood

#### 3.1 Zoet water

De vracht van vislood naar het zoete water door de sportvisserij kan op verschillende wijzen afgeleid worden. Hieronder worden de verschillende wijzen genoemd die in paragraaf 2.1 zijn besproken. Bij elk punt staat de overweging vermeld waarom de desbetreffende wijze van afleiden wel of niet gehanteerd zal worden:

- Verkoopcijfers van vislood in winkels. De getallen over verkoopcijfers die nu bekend zijn komen uit 1993 (Rijs, 1996), dus zijn niet recent. Daarnaast wordt verwacht dat het afleiden van emissieschattingen van loodverlies uitsluitend op basis van verkoopcijfers van vislood in winkels niet toereikend is aangezien er ook verkoop van vislood plaats vindt via internet en er ook zelf lood gegoten wordt voor eigen gebruik of gebruik door derden.
- Cijfers van loodverlies in 2008 op basis van de enquête van Brevé (2009). Hoewel deze studie niet geheel representatief is, zijn de resultaten van deze enquête de enige bron van informatie over de hoeveelheid loodverlies.
- Het aantal vissers en de visfrequentie: hier is recente informatie over beschikbaar. In de desbetreffende onderzoeken is echter geen informatie over het loodverlies. Wel kan deze informatie gebruikt worden voor het maken van een tijdserie.
- Inschatting loodverlies door de karpervisserij bij het gebruik van de loodclip. Omdat het loodverlies door de loodclip impliciet is meegenomen in de enquête, is deze categorie niet als aparte bron meegenomen.
- Loodverlies door het gebruik van feederkorven. Er is te veel onzekerheid (geen bronvermelding) bij de verschillende onderdelen waaruit het loodverlies berekend wordt. Daarom zal loodverlies door het gebruik van feederkorven niet meegenomen worden bij de berekening van het totale loodverlies door de sportvisserij op zoet water.

Voor de nieuwe schatting van het loodverlies op zoet water zal het loodverlies in de enquête (Brevé, 2009) als uitgangspunt genomen worden. Aangezien het gerapporteerde loodverlies over 2008 is, zal een correctie gemaakt worden voor het aantal vissers en de visfrequentie in 2010.

Voor de sportvisserij op zoet water staan de aangehouden waarden voor de verschillende parameters die nodig zijn om het loodverlies in 2010 te berekenen weergegeven in Tabel 3.1. We gaan uit van het aantal mannelijke 15+ sportvissers omdat dit de belangrijkste (grootste) groep is en omdat over deze groep de meeste informatie bekend is. Voor de andere groepen (vrouwen, jeugd, toeristen) is de visfrequentie en kentallen voor het loodverlies niet bekend. Door alleen het aantal mannelijke 15+ sportvissers mee te nemen wordt een onderschatting gemaakt van het loodverlies.

Tabel 3.1 Gekozen parameterwaardes voor de berekening van het loodverlies op zoet water voor het jaar 2010.

Parameter	Waarde	Bronvermelding
Aantal mannelijke 15+ sportvissers in Nederland	904.559	Van der Hammen & De Graaf (2012)
Loodverlies per sportvisser per jaar	60 gram	Brevé (2009)
Loodverlies	54 ton per jaar	Berekening

Het totale loodverlies op zoet water wordt in 2010 op **54 ton per jaar** ingeschat.

### 3.1.1 Tijdsree loodverlies zoet water

Uit het aantal sportvissers en de visfrequentie (Tabel 2.2) zou een tijdsree gemaakt kunnen worden van het aantal vismandagen per jaar. Echter, het is niet bekend of het loodverlies per man per dag in voorgaande jaren afwijkend is van de huidige berekeningen. In Tabel 2.2 is te zien dat zowel het aantal vissers als de visfrequentie is afgenomen sinds 1972.

Aangezien in het volgende hoofdstuk blijkt dat er veel meer onzekerheden zijn, die de emissie van vislood veel sterker beïnvloeden dan de belasting met vislood zelf, is besloten geen tijdsree te maken van het loodverlies.

## 3.2 Zout water

De verschillende bronnen van informatie die in hoofdstuk 2 aan bod zijn gekomen, kunnen gebruikt worden om een inschatting te maken van het loodverlies door de sportvisserij op zout water. Uitgangspunt bij deze inschatting zijn de resultaten uit de enquête van Sportvisserij Nederland (Brevé, 2009). Er wordt geen inschatting gemaakt op basis van verkoopcijfers van vislood in winkels omdat de verkoopcijfers die nu bekend zijn uit 1993 (Rijs, 1996) komen en dus niet recent zijn. Daarnaast wordt verwacht dat het afleiden van emissieschattingen van loodverlies uitsluitend op basis van verkoopcijfers van vislood in winkels niet toereikend is aangezien er ook verkoop van vislood plaats vindt via internet en er ook zelf lood gegoten wordt voor eigen gebruik of voor derden. Daarnaast wordt er ook geen gebruik gemaakt van het loodverlies bij verschillende vormen van de zeesportvisserij, zoals uitgevoerd door Modified Materials (zie paragraaf 2.2.5 en Bijlage A.2.2), omdat er te veel onzekerheden en aannames zitten in de verschillende parameters die nodig zijn voor de berekening.

Uit de enquête (Brevé, 2009) kwam een schatting van 1129 gramverlies aan vislood per jaar naar voren. Gelet op de geringe steekproef van slechts 49 (zee)sportvissers en de daaruit resulterende onbetrouwbaarheid is dit getal afgerond naar 1 kg per jaar.

In 2010 zijn er 470.000 zeesportvissers (15+) (Tabel 2.5). Dit levert een totaal loodverlies op zout water van **470 ton** in 2010.

Belangrijk aandachtspunt bij deze inschatting is dat het loodverlies in de enquête gebaseerd is op een te kleine steekproef onder (zee)sportvissers. Omdat er geen andere gegevens over het loodverlies bij de zeesportvisserij zijn, is dit getal toch gehanteerd. Het aldus ingeschatte jaarlijkse loodverlies van 470 ton ligt in de dezelfde orde van grootte als de door Modified Materials ingeschatte hoeveelheid (450 ton) op basis van een schatting per type zeesportvisserij.

### 3.2.1 Tijdsree loodverlies zout water

Uit het aantal sportvissers en de visfrequentie (Tabel 2.5) zou een tijdsree gemaakt kunnen worden van het aantal vismandagen per jaar. Echter, het is niet bekend of het loodverlies per man per dag in voorgaande jaren afwijkend is van de huidige berekeningen.

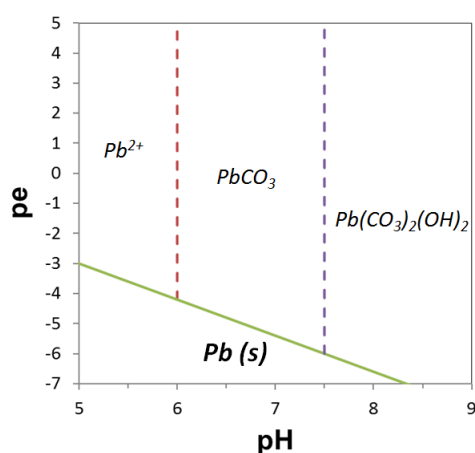
Aangezien in het volgende hoofdstuk blijkt dat er veel meer onzekerheden zijn, die de emissie van vislood veel sterker beïnvloeden dan de belasting met vislood zelf, is besloten geen tijdsree te maken van het loodverlies.

## 4 Inschatting emissie naar oppervlaktewater

### 4.1 Corrosiesnelheid van lood

Vergeleken met andere metalen is lood relatief resistent tegen corrosie (Tylecote, 1983). Het veruit belangrijkste proces voor het in oplossing gaan van lood in natuurlijke milieus is oxidatie. Hierbij wordt de vaste fase ( $Pb(s)$ ) omgezet naar een instabiele vorm  $PbO$ , die vervolgens over kan gaan in andere opgeloste vormen (meestal carbonaten en vrij opgelost lood).

De stabiliteit van lood onder natuurlijke omstandigheden is weergegeven in Figuur 4.1. Hierbij is een gemiddelde samenstelling aangehouden van natuurlijk zoet oppervlaktewater. Om het effect van oxidatie in beeld te brengen zijn modelberekeningen uitgevoerd met het chemisch speciatieprogramma BioChem (Vink & Meeussen, 2007), die zijn gebaseerd op pH-afhankelijke thermodynamische constanten (Vaccari, 1992), waarbij de redoxpotentiaal ( $pe$ ) als stuurvariabele is gekozen. Van particulier lood, zoals vislood, kan uiteraard niet worden uitgesloten dat het in het sediment van de waterbodem wordt begraven. Bij sterk reducerende omstandigheden ( $pe < -4$ , afwezigheid van nitraat en sulfaat) zal oxidatie niet langer optreden. Het lood is dan stabiel en zal nauwelijks corroderen<sup>1</sup>. Onder aerobe omstandigheden zal lood als gevolg van oxidatie overgaan in opgeloste vormen. De snelheid waarin dit plaats vindt wordt verder aangeduid als corrosiesnelheid.



Figuur 4.1 Berekende stabiliteit van lood onder invloed van pH en redoxpotentiaal. De groene lijn geeft de overgang weer van vaste fase naar opgeloste vormen. De stippellijnen geven de pH-afhankelijke stabiliteitsgrenzen weer van de opgeloste fracties.

Er zijn verschillende studies gedaan naar de corrosiesnelheid van lood, waarvan de meesten zich richten op industriële toepassingen zoals waterleidingen, dakbedekking, etc. (Rocca en Steinmetz, 2001; Nguyen et al., 2011) of plaatsvonden onder sterk geconditioneerde omstandigheden (Smith, 1985). In een studie met loden leidingen met leidingwater wordt een corrosiesnelheid van  $9,1 \text{ mg/cm}^2/\text{jaar}$  gerapporteerd (Azim et al., 1973), maar deze omstandigheden wijken sterk af van natuurlijke omstandigheden. Een belangrijke studie is uitgevoerd in Zweden, waarin veldexperimenten zijn uitgevoerd met vislood in verschillende watersystemen (Jacks et al., 2001). Vislood is gedurende zeven maanden blootgesteld onder

<sup>1</sup>Dergelijke reducerende condities doen zich in zandige sedimenten op veel grotere diepte voor dan in slibrijke sedimenten. Het begraven raken van vislood op zich is dus niet altijd voldoende om corrosie te verhinderen.

natuurlijke omstandigheden in de waterkolom van traag- en snelstromende waterlopen, allen in het pH-neutrale gebied (6,5 – 7,5). De corrosiesnelheid is bepaald via terugweging en is gerelateerd aan het oppervlak van het vislood. De gemeten corrosiesnelheden liepen uiteen van ca. 5 tot 55 mg/cm<sup>2</sup>/jaar. Door de waarnemingen te rangschikken naar gemiddelde stroomsnelheid kunnen redelijk betrouwbare richtgetallen worden afgeleid, gebaseerd op mediaanwaarden. Voor de laagste stroomsnelheid, illustratief voor meren en plassen, zijn de gemeten waarden lineair geëxtrapoleerd. In Tabel 4.1 zijn de resultaten weergegeven.

Tabel 4.1 Corrosiesnelheid van vislood bij traag- en snelstromende condities.

Stroomsnelheid (m/s)	Gemiddelde corrosiesnelheid (mg/cm <sup>2</sup> /jaar)
<0,01	12,3
0-0,1	15,4
0,1-1	27,1

De waargenomen afhankelijkheid van stroomsnelheid kan worden toegeschreven aan de grotere aanvoer van zuurstof, waardoor snellere oxidatie en een hogere oplosnelheid van lood wordt bereikt. Daarnaast treedt een schurende werking op door (grofkorreliger) zwevend materiaal op de geoxideerde laag die remmend werkt op voortschrijdende corrosie.

#### 4.2 Emissie van lood naar zoet oppervlaktewater; scenario's

Voor het schatten van de belasting van vislood op het oppervlaktewater moet rekening worden gehouden met een aantal onzekerheden. De belangrijkste onzekerheden zijn:

1. De totale hoeveelheid vislood die jaarlijks in het watersysteem terechtkomt. In hoofdstuk 3 is geschat dat deze 54 ton per jaar bedraagt. In de scenarioberekeningen is rekening gehouden met een theoretische bandbreedte van 25 tot 200 ton per jaar om de gevoeligheid van het model te testen.
2. De geometrie van vislood. De corrosiesnelheid is afhankelijk van het oppervlak dat aan opgelost zuurstof wordt blootgesteld. De oppervlakte/inhoud verhouding van hagellood (radius 1 mm) is ongeveer 20 keer zo hoog als van zinklood (radius 15 mm).
3. De hoeveelheid vislood dat begraven wordt in sediment, en waarvan de corrosiesnelheid dientengevolge sterk wordt beperkt. In de berekeningen zijn hiervan twee scenario's opgenomen, waarbij 10% en 50% wordt aangehouden voor het deel dat niet onderhevig is aan corrosie en nalevering aan oppervlaktewater.
4. De stroomsnelheid van het water.

Deze onzekerheden zijn gebruikt voor het formuleren van scenario's:

- Voor de hoeveelheid vislood dat op jaarbasis in het watersysteem terecht komt is gekozen voor vijf klassen tussen 25 en 200 ton vislood per jaar.
- Voor de korrelgrootte van vislood zijn vier klassen gekozen; twee voor loodhagel (1 en 2 mm radius), en twee voor "karperlood" (5 en 15 mm radius).
- Over de hoeveelheid vislood dat begraven raakt in sediment en in (sulfaat)reducerende omstandigheden terecht komt is niets bekend. Op basis van expert-judgement zijn twee scenario's aangehouden, namelijk 10 en 50%.
- Er zijn twee stroomsnelheden gebruikt waarvan betrouwbare meetwaarden voor de corrosiesnelheid van lood zijn bepaald (Jacks et al., 2001). Er is gerekend met een gemiddelde waarde voor <0,1 m/s en voor >1 m/s.

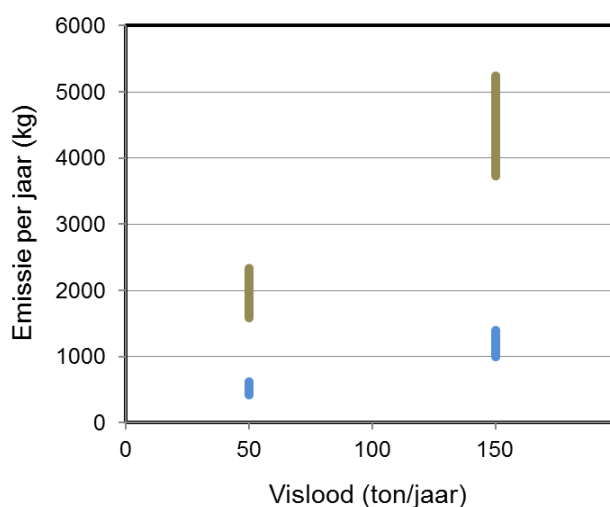
De resultaten van de berekeningen met bovenstaande scenario's levert een matrix op die is weergegeven in Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Emissie van lood naar oppervlaktewater (kg/jaar) door vislood bij verschillende scenario's: 1. Totale hoeveelheid vislood; 2. Stroomsnelheid van het watersysteem; 3. Grootte loodkorrel; 4. Percentage begraven vislood.

begraven	Vislood (ton/jr)	Lage stroomsnelheid (<0,1 m/s)				Hoge stroomsnelheid (>1 m/s)			
		Korrelradius (cm)				Korrelradius (cm)			
		0.1	0.2	0.5	1.5	0.1	0.2	0.5	1.5
10%	25	916	458	183	61	1612	806	322	107
	50	1832	916	366	122	3223	1612	645	215
	100	3663	1832	733	244	6447	3223	1289	430
	150	5495	2748	1099	366	9670	4835	1934	645
	200	7327	3663	1465	488	12893	6447	2579	860
50%	25	509	254	102	34	895	448	179	60
	50	1018	509	204	68	1791	895	358	119
	100	2035	1018	407	136	3581	1791	716	239
	150	3053	1526	611	204	5372	2686	1074	358
	200	4070	2035	814	271	7163	3581	1433	478

Uit bovenstaande matrix blijkt dat de berekeningen voor de jaarlijkse emissie van lood richting oppervlaktewater een grote variatie kent, afhankelijk van de gekozen scenario's. Hierbij moet worden opgemerkt dat bepaalde scenario's met elkaar samenhangen en daarmee dus meest waarschijnlijke combinaties vormen. Zo is bijvoorbeeld aannemelijk dat de korrelradius van het lood en de stroomsnelheid gerelateerd zijn (in snelstromend water wordt met "zwaarder" lood gevist). Ook de hoeveelheid lood dat begraven raakt zal logischerwijs gerelateerd zijn aan de stroomsnelheid (vanwege hogere slibgehalten en het reducerend vermogen van het sediment op geringe diepte).

Het bovenstaande geeft de mogelijkheid om de betrouwbaarheid van de berekende emissiefactoren te vergroten. Aan bepaalde combinaties van scenario's kunnen relatieve gewichten worden toegekend. Daarnaast bestaat de mogelijkheid van zogenaamde statistische waarschijnlijkheid, waarbij het voorkomen van extreme waarden minder waarschijnlijk zijn dan bijvoorbeeld het aantreffen van mediaanwaarden. Van alle berekeningen uit de matrix zijn de 25- en 75-percentielwaarden bepaald voor alle scenario's. In Figuur 4.2 is het resultaat weergegeven.



Figuur 4.2 Onzekerheids-bandbreedtes van de emissieberekeningen voor vier scenario's. Voor elk mogelijk scenario is steeds de 25-percentielwaarde (P-25, blauw) en de 75-percentielwaarde (P-75, groen) genomen. De figuur geeft dus de gebieden aan waarin voor een lage schatting en een hoge schatting de meest waarschijnlijke emissiewaarden liggen.

#### 4.3 Corrosie en emissie van lood in zoutemilieus

Bruikbare studies naar de corrosie van particulier lood in zeewater zijn onder meer die van Azim et al. (1973) en Tylecote (1983). Zij vergeleken de corrosiesnelheden in leidingwater en zeewater, bij vergelijkbare pH (7,3). Hoewel de aanwezigheid van zout de oxidatiesnelheden van de meeste metalen versnellen, wordt voor lood in zeewater een lagere corrosiesnelheid gevonden dan in leidingwater. Guasp et al. (2000) beschrijven de verminderde corrosiesnelheid bij verhoogde chloride-concentraties in een model voor de resistentie van loodcontainers voor radioactief afval in marien milieu. De reden voor de verminderde corrosie bij hoge zoutniveaus is onder meer dat de aanwezigheid van zowel chloride (met name  $PbCl_2$ ) als sulfaat de oxidatie van lood remt mede door de vorming van corrosiebeschermende films (Xie & Giammar, 2011). De bevindingen worden bevestigd door metingen aan archeologische vondsten van loden musket- en pistoolkogels (Campbell & Mills, 1977) die zeer langdurig aan zeewater zijn blootgesteld. Dit zijn waarschijnlijk de meest betrouwbare gegevens onder natuurlijke, zoute omstandigheden die te vergelijken zijn met vislood.

Tabel 4.3 Corrosiesnelheden onder zoute omstandigheden.

Corrosiesnelheid ( $mg/cm^2/jaar$ )	Korrelradius	Referentie
2,74	Leidingen	Azim et al. (1973)
1,03 – 1,64	0,9 cm	Campbell & Mills (1977)
0,96	0,6 cm	Campbell & Mills (1977)

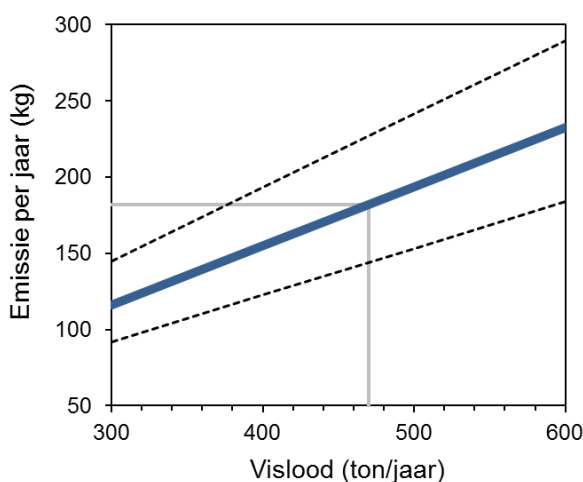
Hoewel de onzekerheden voor het vaststellen van corrosiesnelheden in het mariene milieu nog steeds groot zijn, is een aantal scenario's dat voor zoet water werden gehanteerd niet van toepassing. Zo is het onderscheid in stroomsnelheid veel minder relevant dan in riviersystemen, en ook de korrelradius speelt een geringere rol omdat in de sportvisserij op zee altijd relatief zwaar lood wordt gebruikt. Van het aandeel in sediment begraven vislood wordt aangenomen dat dit niet relevant is voor de scenarioberekeningen, omdat in mariene sedimenten nauwelijks reducerende condities optreden in de toplaag.



De grootste onzekerheden bij de berekeningen van de mariene emissie zijn daarom:

1. De schatting van de totale hoeveelheid vislood die verloren gaat. In Hoofdstuk 3 is becijferd dat het jaarlijks loodverlies in het zoute milieu ongeveer 470 ton bedraagt. Om inzichtelijk te maken hoe de onzekerheid in deze schatting uitwerkt op de berekeningen is een spreiding aangehouden van circa 50% (300-600 ton).
2. De corrosiesnelheid. Voor het afleiden van een aannemelijke waarde van de corrosiesnelheid is gebruik gemaakt van de studies van Azim et al. (1973) en Campbell & Mills (1977). Voor de emissieberekeningen is voor de corrosiesnelheid een bandbreedte aangehouden van 1,6 – 2,7 mg/cm<sup>2</sup>/jaar bij een korrelradius van 1.5 cm.

In Figuur 4.3 wordt het effect van de onzekerheid wat betreft zowel de hoeveelheid verloren vislood als de corrosiesnelheid gevisualiseerd.



*Figuur 4.3 Emissie van lood (kg/jaar) onder mariene omstandigheden. De stippellijnen geven de bandbreedte weer die volgt uit het gehanteerde bereik van corrosiesnelheden. Uitgaande van 470 ton loodverlies per jaar is de jaarlijkse emissie 182 kg/jaar.*

Uit Figuur 4.3 blijkt dat de hellingshoek van de lijn relatief klein is. Dat betekent dat de fout in de schatting van de totale belasting (horizontale as) relatief beperkt is. De gekozen marges voor de corrosiesnelheid leveren een standaarddeviatie op van ongeveer 25%.

#### 4.4 Invloed van milieuomstandigheden

De effecten van redoxpotentiaal, stroomsnelheid en chloride zijn al in voorgaande paragrafen behandeld. Om de invloed van watersamenstelling te testen op de corrosiesnelheid van vast lood zijn enkele thermodynamische speciatieberekeningen uitgevoerd, waarbij chloride, nitraat, temperatuur en zwevend organisch materiaal zijn gevarieerd binnen natuurlijke bandbreedtes. De resultaten laten echter geen grote verschillen zien in totale opgeloste concentratie, hoewel er wat verschuivingen optreden in de opgeloste fracties. Daarbij moet worden opgemerkt dat berekeningen op basis van thermodynamica hun beperkingen hebben, omdat hier niet wordt voorzien in biochemische reacties. Zo wordt oxidatie, en de vorming van neerslagen of films, vaak gefaciliteerd door micro-organismen. Aanvullend op de berekeningen is in de literatuur gezocht naar metingen die onder verschillende milieuomstandigheden zijn uitgevoerd.

Er zijn enkele bruikbare studies uitgevoerd naar de effecten van watersamenstelling op de corrosiesnelheid van vast lood. Uiteraard betreft het bijna altijd batch-experimenten, omdat

het vaak om dosis-respons relaties gaat die onder natuurlijke omstandigheden nauwelijks zijn te controleren. Uit de literatuurscan blijkt dat van een aantal milieuparameters meetgegevens beschikbaar zijn, namelijk van nitraat, chloride en opgelost organisch materiaal. In de navolgende tekst worden drie studies kort behandeld.

Nguyen et al. (2011) rapporteren over een nitraat-versnellende invloed op de corrosie van lood. Het effect doet zich met name voor in de lage concentratie-range van 0 – 2,5 mg/l NO<sub>3</sub>, waarbij een verdubbeling van de oplosnelheid optreedt als nitraat wordt verhoogd van 0 naar 1 mg/l. De studie heeft betrekking op drinkwater en loden leidingen. In oppervlaktewateren liggen de concentraties vaak (veel) hoger (jaargemiddelden in de Rijn liggen tussen 10 en 25 mg/l NO<sub>3</sub>), en het is onduidelijk of in die hogere concentratierange de invloed op loodcorrosie aantoonbaar is; nitraat kan fungeren als oxidator, waarbij het effect van een geringe toevoeging waarschijnlijk groter is als er aanvankelijk geen nitraat aanwezig is.

Xie & Giammar (2011) onderzochten het effect van chloride en stroomsnelheid op de corrosie van lood in drinkwaterleidingen. Feitelijk bevestigen hun studies naar loodverbindingen in leidingen de conclusies die in voorgaande paragrafen zijn verwoord: de stroomsnelheid verhoogt de corrosiesnelheid en de aanwezigheid van chloride verlaagt de corrosiesnelheid van lood.

Het effect van opgelost organisch materiaal (DOC) op de corrosie van lood is onderzocht door o.a. Korshin et al. (2000). Bij toevoeging van natuurlijk organisch materiaal aan synthetisch water werd een verhoging van de loodconcentratie aangetroffen, hetgeen wordt toegeschreven aan de remmende werking op de vorming van een oxidatielaag. Het grootste effect doet zich voor als DOC wordt toegevoegd aan een DOC-vrij medium, hetgeen onder natuurlijke condities niet voorkomt. Het effect van DOC in natuurlijke systemen is naar alle waarschijnlijkheid slechts relevant bij zeer lage DOC concentraties.

Een overzicht van de effecten is weergegeven in Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Kwalitatieve invloed van milieumomstandigheden op corrosiesnelheid van lood.

Parameter	Corrosiesnelheid bij verhoging:	Relevantie voor beoordeling oppervlaktewateren
Redoxpotentiaal	stijgt	Het begraven raken van vislood in sediment
Stroomsnelheid	stijgt	Onderscheidend in zoete wateren (stagnant vs. snelstromend)
Chloride	daalt	Onderscheid zoete en mariene wateren
Nitraat	stijgt	Bij natuurlijke concentraties waarschijnlijk beperkt relevant
Organisch stof	stijgt	Mogelijk van belang bij lage DOC concentraties (<2 mg/l)

#### 4.5 Mogelijkheden voor regionale indeling naar emissie of risico

Voor de bepaling van de jaarlijkse loodemissie als gevolg van de corrosie van vislood zijn redelijk onderbouwde schattingen beschikbaar. De scenarioberekeningen geven aan dat de snelheid van corrosie afhankelijk kan zijn van milieumomstandigheden. Een aantal hiervan is mogelijk relevant voor het maken van een indeling, op basis waarvan risico's kunnen worden geschat.

Watersystemen waar de hoogste jaarlijkse emissies worden verwacht hebben in de regel de volgende kenmerken:

1. zoete oppervlaktewateren;
2. snelstromende condities;
3. zandig sediment.

#### 4.6 Cumulatieve belasting t.b.v. EmissieRegistratie

In hoofdstuk 3 en de voorgaande paragrafen van hoofdstuk 4 is beschreven hoe de schattingen voor de totale belasting aan vislood op het zoete en zoute watersysteem tot stand zijn gekomen en hoe deze gebruikt zijn voor het bepalen van de emissie op het oppervlaktewater. Hierbij zijn scenario's uitgewerkt die inzicht geven in de onzekerheden van de verschillende onderdelen die in de berekeningen zijn gebruikt.

Ten behoeve van de EmissieRegistratie is er behoefte aan eenduidige, traceerbare maar vooral ook "enkelvoudige" getallen. Hiervoor is uitgegaan van de P50-waarden van de individuele parameters die in de scenario's zijn gebruikt.

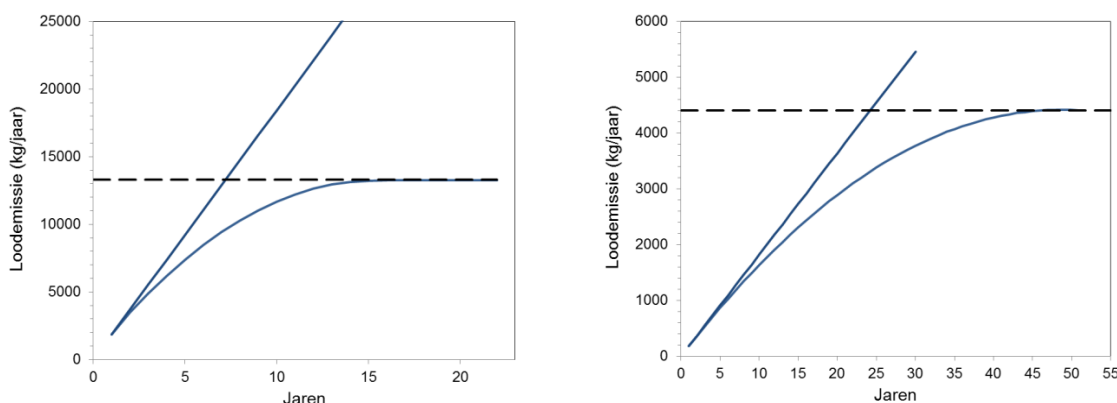
De jaarlijkse loodbelasting door het verlies van vislood is gesteld op 54 ton in zoet water en 470 ton in zout water (zie respectievelijk paragraaf 3.1 en 3.2).

De P50-waarden van corrosiesnelheden zijn voor zoet en zout water respectievelijk 13,0 en 3,0 mg/cm<sup>2</sup>/jr, bij een korrelradius van respectievelijk 0,35 en 1,0 cm.

Het percentage begraven lood is gesteld op 30% voor zoete wateren en 0% voor zoute wateren (zie toelichting paragraaf 4.3). In bijlage B is de berekeningswijze toegelicht. Deze resulteert in een jaarlijkse emissie van 1.850 kg in zoete wateren en 182 kg in zoute wateren.

Hiermee is echter niet inzichtelijk gemaakt wat het gecumuleerde effect is van de belasting van alle voorgaande jaren. Het optellen van de jaarlijkse belasting van vislood levert een aanzienlijke overschatting op. Immers, de corrosie van vast lood leidt uiteindelijk tot het volledig in oplossing gaan, waardoor er geen belasting meer optreedt uit die voorgaande jaren. Voor de cumulatieve emissiewaarden moet dus een zogenaamde verdwijnterm worden opgenomen.

Uitgangspunten zijn de schattingen en parameters die in voorgaande paragrafen zijn beschreven. Verder is er van uitgegaan dat de jaarlijkse belasting van vislood voor alle jaren gelijk is (zie paragrafen 3.1.1 en 3.2.1). Het principe van de methodiek voor het afleiden van de verdwijntermen en het bepalen van de stabiele eindsituatie is toegelicht in Bijlage B. De tijdsafhankelijke verdwijnterm, als gevolg van corrosie, is hierin dus opgenomen. In Figuur 4.4 is het resultaat voor zoete en zoute wateren weergegeven.



Figuur 4.4 Cumulatieve belasting van lood op zoete (links) en zoute (rechts) wateren. De rechte lijn is de optelsom van jaarlijkse belasting op basis van verloren gegaan vislood. De gebogen lijn is de groeicurve waarin de verdwijntermen als gevolg van corrosie in alle voorgaande jaren zijn opgenomen.

Het introduceren van afnemende groeifuncties leidt uiteindelijk tot afvlakking van de groei, waarbij een “stabiële eindsituatie” ontstaat. Deze maximumwaarde wordt representatief geacht voor de dynamische belasting van lood (=continue aanrijking over een langere periode). In Tabel 4.5 zijn de cumulatieve emissiewaarden weergegeven voor vislood op de Nederlandse zoete en zoute wateren.

Tabel 4.5 Jaarlijkse cumulatieve emissiewaarden (kg per jaar) van vislood op Nederlandse zoete en zoute wateren.

Zoet water	Zout water
13.300	4.400

#### 4.7 Vergelijking loodemissie sportvisserij met andere bronnen

In deze paragraaf wordt een tweetal vergelijkingen uitgevoerd: 1) een vergelijking tussen het huidige en nieuwe aandeel van vislood vanuit de sportvisserij op de totale loodbelasting van het oppervlaktewater en 2) een vergelijking van de loodbelasting op oppervlaktewater tussen het vrijkomen vanuit de sportvisserij en vanuit uitloging van loodslabben in woningen en utiliteitsbouw.

Uit de EmissieRegistratie (2013) is de belasting van oppervlaktewater met lood door de verschillende bronnen gehaald voor het jaar 2010 (zie Tabel 4.6). De totale belasting van het oppervlaktewater was in 2010 31.372 kg, exclusief de loodbelasting door de sportvisserij (op zoet en zout water). Wordt hier de belasting van 13.300 kg Pb/jaar bij opgeteld, die in dit onderzoek berekend is, dan komt de totale loodbelasting van het oppervlaktewater uit op 44.672 kg. Het aandeel van de sportvisserij op zoet water is hiermee 30% van de totale belasting met lood per jaar in Nederland.

Ter vergelijking: in de huidige emissiegetallen (EmissieRegistratie, 2013) bedraagt het aandeel loodemissie vanuit de sportvisserij op zoet water 1% van de totale belasting. Het verschil tussen het huidige en nieuwe aandeel in de totale belasting wordt zowel veroorzaakt door een hogere belasting met vislood (54 ipv 31 ton/jaar), door een verbeterde corrosiesnelheid (1850 ipv 306 kg/jaar) als de cumulatieve belasting. Deze werd in de huidige berekeningen niet meegenomen en levert nu een totale constante belasting van 13.300 kg/jaar.

Tabel 4.6 Loodbelasting van oppervlaktewater in 2010 (EmissieRegistratie, 2013).

Emissiebron	Emissie (kg)
Handel, Diensten en Overheid (HDO)	8,25
Consumenten	20,69
Bouw	47
Afvalverwijdering	51,12
Chemische Industrie	129,5
Raffinaderijen	156
Verkeer en vervoer	193,3
Overige industrie	435,8
Energiesector	816,6
Landbouw (excl vislood)	3580
Riolering en waterzuiveringsinstallaties	8854
Overig	17080
<b>Totaal</b>	<b>31372</b>

In Bijlage C wordt een vergelijking gemaakt tussen de loodemissie vanuit de sportvisserij en de loodemissie vanuit uitloging van loodslabben in woningen en utiliteitsbouw. Omgerekend is ca. 3.811 kg lood in het effluent oorspronkelijk afkomstig van corrosie van loodslabben woningen en ca. 1.064 kg van corrosie van loodslabben utiliteitsbouw. Dit is dus een totale belasting van het zoete oppervlaktewater met 4.875 kg lood door corrosie van loodslabben. De jaarlijkse cumulatieve emissie van lood door loodverlies in de sportvisserij komt neer op ca. 13.300 kg Pb/jaar voor zoet water. De loodemissie door vislood is bijna drie keer zo groot als de loodemissie door corrosie van loodslabben.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Conclusies

#### 5.1.1 Emissie lood door de sportvisserij

De geschatte hoeveelheid verloren vislood in zoete oppervlaktewateren bedraagt circa 54 ton per jaar. Voor zout water is dit circa 470 ton vislood per jaar.

De geschatte belasting van lood op de waterkolom is berekend uit de corrosiesnelheid van lood onder verschillende scenario's. In de scenario's is rekening gehouden met de onzekerheden rond de belangrijkste parameters: de jaarlijkse belasting van vislood, de korrelradius, het percentage van het vislood dat begraven is, de stroomsnelheid en de corrosiesnelheid. In Tabel 4.1, Figuur 4.2 en Figuur 4.3 is de invloed van de onzekerheid rond de verschillende parameters te zien. Hiermee wordt een beeld gegeven van de invloed van onzekerheden en de bandbreedtes waarin de meest waarschijnlijke waarden zich voordoen. De berekeningen resulteren in een emissie van 1.850 kg/jaar voor zoet water en 182 kg/jaar voor zout water als alleen wordt gekeken naar de belasting van één jaar met vislood.

Om de cumulatieve emissiewaarden ten behoeve van de EmissieRegistratie te bepalen moet niet alleen de jaarlijkse bronterm (=verloren gegaan vislood per jaar) worden beschouwd, maar ook de emissie door verlies van lood in alle voorgaande jaren. Daarnaast moet rekening worden gehouden met het feit dat corrosie in de loop der jaren leidt tot het verdwijnen van lood. Voor de cumulatieve belasting moet dus de vracht van voorgaande jaren worden gecorrigeerd met een verdwijnterm die overeenkomt met de corrosie en het in oplossing gaan van lood. Hiermee kan de maximale groei van de emissie worden bepaald. De onzekerheden in de parameterwaardes (jaarvracht aan vislood, korrelradius, percentage begraven, stroomsnelheid en corrosiesnelheid) zijn in de cumulatieve berekening verdisconteerd. Aanpassingen in de gekozen waarden zullen vanzelfsprekend leiden tot een andere berekende cumulatieve belasting die zowel hoger als lager kan liggen.

Voor de Nederlandse zoete wateren is de cumulatieve emissiewaarde vastgesteld op 13.300 kg/jaar. Voor zoute wateren is dit 4.400 kg/jaar.

Met de nieuwe inschatting van het loodverlies op zoet water is het aandeel van de sportvisserij op de totale loodbelasting van het oppervlaktewater berekend. Uitgaande van de emissies in 2010, zou het aandeel van de sportvisserij op zoet water 30% van de totale loodbelasting per jaar in Nederland zijn.

### 5.2 Aanbevelingen

De uit deze studie gegenereerde kentallen zijn geschikt om gebruikt te worden voor aanpassing van de Nederlandse EmissieRegistratie. De bandbreedtes kunnen worden gebruikt voor het toepassen van scenario's en mogelijk gebiedspecifieke indelingen.

In de berekeningen die gedaan zijn, zitten een aantal aannames. Indien er informatie beschikbaar komt, die tot een verdere aanscherping van de aannames en de daaruit voortvloeiende emissieberekeningen leidt, dan dient het aanbeveling om deze aanscherpingen door te voeren in de emissieberekeningen.

Hiernaast kan er nog een aantal specifieke aanbevelingen gedaan worden:

- Er zijn aanwijzingen voor toekomstige trends in het loodverlies. Het aantal vissers en de visfrequentie blijkt in de tijd af te nemen. Daarnaast lijkt het gebruik van de loodclip en feederkorven in opkomst. Ook zijn er ontwikkelingen op het gebied van introductie van loodvrije milieuvriendelijke alternatieven voor vislood. Dit zijn allemaal processen die een invloed kunnen hebben op de uiteindelijke emissies van lood naar het watermilieu. Aanbevolen wordt over een aantal jaren de huidige emissieschattingen te updaten met gegevens over de nieuwe ontwikkelingen.
- De uiteindelijke emissie van lood door verlies van vislood in de sportvisserij wordt bepaald door 3 factoren; de jaarlijkse belasting van vislood op het oppervlaktewater, de corrosiesnelheid en de cumulatieve belasting over de jaren. Wat betreft de jaarlijkse belasting wordt op dit moment de grootste onzekerheid gevormd door het inschatten van het jaarlijkse verlies van vislood. Aanbevolen wordt om deze belasting beter in te schatten door een representatieve steekproef onder zowel zoet- als zoutwatervissers en/of het laten bijhouden van het loodverlies door sportvissers specifiek voor zoet en zout water. Wat betreft de corrosiesnelheid is het de korrelgrootte die op dit moment de grootste onzekerheid bevat. Aanbevolen wordt om informatie over deze parameter ook op te nemen in de bovengenoemde enquête. Wat betreft de uiteindelijke cumulatieve belasting is het ingeschatte percentage vislood dat begraven wordt, de onzekere factor. Het lijkt praktisch gezien moeilijk om dit percentage beter in te schatten.
- In de huidige regionalisatie wordt de lengte van de oevers voor zoet water als lokator gebruikt. Aangezien niet op alle oevers gevist zal worden, zou informatie over de vislocaties een beter beeld van de regionalisatie geven. Daarnaast zouden ook de factoren die de corrosiesnelheid bepalen (stroomsnelheid en percentage begraven) als gebiedspecifieke indelingen gebruikt kunnen worden.

## 6 Referenties

- Azim, A., A. Abdul, V. Gouda (1973). Corrosion behaviour of lead in salt solutions. British Corrosion Journal 8:76-80.
- Bongers, J.J.A., 1982. De Nederlandse Sportvisser anno 1980/81; Een onderzoek naar de kenmerken en het gedrag van de sportvissers anno 1980/1981. Directie van de Visserijen, Den Haag, rapportnummer R/NEDE/LNV/VISS/DOCU/25/ / bong.
- Boutkan, A., 2004. Sportvisakte 2004; Visparticipatie onder mannen van 15 jaar en ouder stijgt wederom tot circa één miljoen. TNS NIPO, rapportnummer B-8219.
- Brevé NWP, 2009. Emissie van vislood naar de Nederlandse zoete en zoute wateren door verlies van vislood in de sportvisserij onder lezers van Hét VISblad, september 2008. Sportvisserij Nederland, projectnummer KI2008003.
- Campbell, H.S., D.J. Mills (1977). Marine treasure trove; a metallurgical examination. The metallurgist and Materials Technologist 9/10:551-556.
- Duijser, E., Bemer, E., 2007. Enquête zeesportvisserij 2006, Algemene situatie en zeebaarsvisserij. TNS NIPO, rapportnummer E5762.
- Europese Commissie, 2004. Advantages and drawbacks of restricting the marketing and use of lead in ammunition, fishing sinkers and candle wicks. Contract number ETD/FIF.20030756
- EmissieRegistratie, 2013. [www.emissieregistratie.nl](http://www.emissieregistratie.nl), ER1990-2011.
- ER factsheet, 2012a. Gebruik van lood door de sportvisserij. Factsheets diffuse bronnen. RWS-WD, Lelystad, juni 2012.  
<http://www.emissieregistratie.nl/ERPUBLIEK/documenten/Water/Factsheets/Nederlands/Gebruik%20van%20lood%20door%20de%20sportvisserij%20Zoet%20en%20Zout.pdf>.
- ER factsheet, 2012b. Corrosie loden stroken en slabben woningen en utiliteitsbouw. Factsheets diffuse bronnen. RWS-WD, Lelystad, juni 2012.  
<http://www.emissieregistratie.nl/ERPUBLIEK/documenten/Water/Factsheets/Nederlands/Corrosie%20loden%20stroken%20en%20slabben.pdf>
- Guasp, R.L., L. Lanzani, P. Bruzzoni, W. Cufre, C.J. Semiro, 2000. Lead corrosion evaluation in high activity nuclear waste container. In: IAEA, Tecdoc177, p. 27-35.
- ITS Instituut voor Toegepaste Sociologie, 1972. Sportvisserij in Nederland: Vooronderzoek op een drietal objecten van sportvisserij in Zuid-Holland: Voorstel voor verder onderzoek. Nijmegen 92 pp.
- Jacks, G., M. Bystrom, L. Johansson (2001). Lead emissions from lost fishing sinkers. Boreal Environ. Res. 6:231-236.
- Korshin, G., J. Ferguson, A. Lancaster (2000). Influence of natural organic matter on the corrosion of leaded brass in potable water. Corrosion Sci. 42:53-66.



- Most, P. van der, M. van Loon, J. Aulbers, H. van Daelen (1998). Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water. Gebruik vislood sportvisserij zoete wateren. Publicatierreeks Emissieregistratie 44, Hoofdinspectie Milieuhygiene, Den Haag.
- Nguyen, C., K.R. Stone, M.A. Edwards (2011). Nitrate accelerated corrosion of lead solder in potable water systems. *Corrosion Sci.* 53:1044-1049.
- NVVS-rapport 'Springtij, beleidsnota zeesportvisserij' (2004).
- Rijs, G., 1996. Re-creatief met vislood, verkenning naar de technische haalbaarheid en de (meer-)kosten voor de alternatieven ijzer en tin. RIZA-werkdocument 96.212x, Lelystad.
- Rocca, E., J. Steinmetz (2001). Inhibition of lead corrosion with saturated linear aliphatic chain monocarboxylates of sodium. *Corrosion Sci.* 43:891-902.
- Scheuhammer, A.M., Money, S.L., Kirk, D.A., Donaldson, G., 2004. Lead fishing sinkers and jigs in Canada: review of their use patterns and toxic impacts on wildlife. Canadian Wildlife Service, Occasional Paper number 108.
- Smit, M., De Vos, B., De Wilde, J.W., 2004. De economische betekenis van de sportvisserij in Nederland. LEI, rapport 2.04.05.
- Smith, J. (1985). Corrosion of lead and lead alloys. *Metals Handbook*, 9th edition, vol. 13:784-792.
- Sportvisserij Nederland, 2013. Toegestuurde bijlage in Word.
- Tylecote, R.F. (1983). The behaviour of lead as a corrosion resistant medium undersea and in soils. *J. Archaeological Sci.* 10:397-409.
- Van der Hammen, T. & De Graaf, M., 2012. Recreational fishery in the Netherlands: catch estimates of cod (*Gadus morhua*) and eel (*Anguilla anguilla*) in 2010. Imares Wageningen UR rapport WOT-05-046-160-IMARES.
- Vink, J.P.M., H. Meeussen (2007). BIOCHEM-ORCHESTRA: a scenario-DSS for heavy metal speciation and ecotoxicological impacts in river systems. *Environmental Pollution* 148:833-841.
- Vaccari, D.A. (1992). Computation of aqueous metal solubilities. Stevens Institute of Technology, Hoboken.
- Website Sportvisserij Nederland:  
[http://www.sportvisserij nederland.nl/over\\_ons/feiten\\_en\\_cijfers/?page=ruim\\_2\\_miljoen\\_sportvisserij](http://www.sportvisserij nederland.nl/over_ons/feiten_en_cijfers/?page=ruim_2_miljoen_sportvisserij)
- Xie, Y., D. Giammar (2011). Effects of flow and water chemistry on lead release rates from pipe scales. *Water Res.* 45:6525-6534.

## A Inventarisatie informatie

In deze bijlage staat detailinformatie uit de geïnventariseerde informatiebronnen die in hoofdstuk 2 aan bod zijn gekomen.

### A.1 Zoet water

#### A.1.1 Gebruik loodclip

Door Modified Materials (persoonlijke informatie) is een grove schatting van de hoeveelheid loodverlies door het gebruik van de loodclip gemaakt:

- Op zoet water vissen meer dan 650.000 vissers, 250.000 hiervan is karpervisser;
- Elke vissers vist 10 mandagen per jaar;
- De gebruikte gewichten liggen tussen de 80 en 200 gram, we nemen een gemiddelde van 100 gram;
- Gangbaar is dat er 0 tot 3 stuks lood per dag worden verloren, gemiddeld 1 stuk per dag;
- Dit levert  $250000 * 10 * 0,1 * 1 = 250$  ton loodverlies in zoet water.

#### A.1.2 Gebruik feederkorven

Q-baits heeft een inschatting gemaakt voor het verlies van lood door middel van feederkorven (persoonlijke informatie):

- Serieuze riviervissers kopen feederkorven per > 100 stuks in;
- Het verspelen van >300 stuks feederkorven op jaarbasis is in deze visserij een aantal dat Q-baits regelmatig gehoord heeft. We gaan uit van 100 stuks verlies per jaar.
- Een grove inschatting is dat er 5.000 vissers zijn;
- Het gemiddelde gewicht van een feederkorf is 100 gram;
- Dit zou neerkomen op een loodverlies van 50 ton per jaar.

#### A.1.3 Informatie van de website van Sportvisserij Nederland

Op de website van Sportvisserij zijn feiten en cijfers te vinden over de sportvisserij in Nederland. Onderstaande informatie is verkregen via deze link:

[http://www.sportvisserijnederland.nl/over\\_ons/feiten\\_en\\_cijfers/?page=ruim\\_2\\_miljoen\\_sportvissers](http://www.sportvisserijnederland.nl/over_ons/feiten_en_cijfers/?page=ruim_2_miljoen_sportvissers)

“In dit onderdeel kunt u lezen dat het totale cijfer van ruim 2 miljoen Nederlandse sportvissers zeker niet te optimistisch is gesteld. Iets wat Sportvisserij Nederland nog wel eens hoort in de politiek, maar ook in de eigen sector, als dit cijfer ter tafel komt. Het tegendeel is blijkbaar het geval! Tenslotte komen er ook talloze Duitsers, Belgen, Engelsen en van veel verder in Nederland vissen. Recent cijfermateriaal ontbreekt maar de Grontmij hield het in een ouder rapport op ca. 100.000. Gezien alleen al de ontwikkeling van de mobiliteit zal dit aantal nu zeker niet lager zijn.

Nederland telt dus in totaal ruim 2 miljoen sportvissers en heeft daarmee in Europa na de vier Scandinavische landen procentueel de meeste sportvissers (ruim 10% van de bevolking)!

#### Lidmaatschap hengelsportvereniging

40% van de vissers is aangesloten bij een hengelsportvereniging, hetgeen een lichte stijging is ten opzichte van 2003. De meerderheid houdt het bij één lidmaatschap; slechts 12% heeft meerdere lidmaatschappen. Het aantal vissende mannen dat lid is van een

hengelsportvereniging is ten opzichte van 2003 gestegen als gevolg van de stijgende visparticipatie naar circa 420.000.

### 108 miljoen visuurtjes

Uit onderzoek van 2001 is gebleken dat de gemiddelde sportvisser 15 maal per jaar vist. Bijna de helft van de sportvissers vist weliswaar maar 1 tot 6 keer per jaar, maar er is ook een categorie sportvissers (bijna 10 %) die elke week of zelfs twee keer in de week vist. Op de vraag aan alle ondervraagde sportvissers hoeveel uur zij doorgaans per keer vissen, kwam een gemiddelde visduur van bijna vier uur. Vermenigvuldig je deze getallen met het aantal sportvissers (ruim 2 miljoen) dan kom je uit op een getal van 30 miljoen vistrisjes en 120 miljoen visuurtjes die sportvissers per jaar aan de waterkant doorbrengen.

### Soort visser

80% van de mensen die vissen kwalificeert zichzelf als recreatieve visser en 20% noemt zichzelf sportvisser. Als het gaat om specialismen binnen de hengelsport, dan geeft 16 % aan witvisser te zijn, 14% karpervisser, 7% snoekbaarsvisser, 7% roofvisser, 7% palingvisser, 3% vliegvisser en 3% wedstrijdvisser”.

## A.2 Zout water

### A.2.1 Informatie van de website van Sportvisserij Nederland

Op de website van Sportvisserij zijn feiten en cijfers te vinden over de sportvisserij in Nederland. Onderstaande informatie is verkregen via deze link:

[http://www.sportvisserij nederland.nl/over\\_ons/feiten\\_en\\_cijfers/?page=ruim\\_2\\_miljoen\\_sportvissers](http://www.sportvisserij nederland.nl/over_ons/feiten_en_cijfers/?page=ruim_2_miljoen_sportvissers)

“Uit de resultaten van de Enquête zeesportvisserij 2006, Algemene situatie en zeebaarsvisserij van TNS NIPO blijkt dat er in 2006 in Nederland 650.000 'zeehengelaars' waren. Hiervan zijn er ruim 90.000 zeebaarsvissers.

Onder de 650.000 Nederlandse zeesportvissers zijn 505.000 mannen, 78.000 vrouwen en 68.000 kinderen jonger dan 15 jaar. In het zoute water wordt door de mannen gemiddeld acht keer per jaar gevestigd. Bijna de helft (47%) van de mannen heeft tot half november 2006 één tot drie vistrisps gemaakt terwijl 19% dit maar liefst 10 tot 50 keer deed. Vissen vanuit een charterboot is een populaire bezigheid aangezien meer dan de helft (59%) het afgelopen jaar op een groot sportvisserijschip of charterboot is gestapt; 8% vist vanuit een eigen visboot. Slechts 17 procent van de zeevissers stapt nooit op een boot om een visje te vangen. De meeste vistrisps worden echter vanaf het strand of de oever gevestigd: 38% van de mannelijke zeevissers vist meestal vanaf de kant, bij de vrouwen is dit 45 procent. Van de mannelijke zeesportvissers is 37% lid van één of meer hengelsportverenigingen”.

### A.2.2 Inschatting loodverlies per vorm van zeesportvisserij

Door Modified Materials is een grove schatting van het loodverlies gemaakt op basis van het aantal schepen en mandagen (persoonlijke informatie). Deze inschatting is in deze paragraaf schematisch weergegeven in de tabellen A.1 t/m A.5 voor de verschillende vormen van zeesportvissers die door Modified Materials zijn onderscheiden:

- Zeevis charters: opstap vissers die op de Noordzee vissen
- Broodvisserij vanuit kleine bootjes
- Bootvissen in de Zuid West Delta en het Wad
- Kantvissen vanaf pieren en het strand

Bij elke parameter die in de tabellen wordt genoemd, is er geprobeerd een bronvermelding te achterhalen.

Tabel A.1 *Inschatting loodverlies door zeevischarters.*

Parameter	Waarde	Bronvermelding
Aantal schepen	60	Telling opstapcharters op internet met vermeerdering van 25% (niet alle schepen zijn snel op internet te vinden)
Aantal vaardagen per week (per jaar)	3	Info VVBS leden
Aantal man per vaartocht	20	Inschatting (laag) o.b.v. grootte schepen
Capaciteit (aantal plaatsen)	2000	?
Aantal vis-mandagen per jaar	300.000	Berekening
Gemiddeld loodverlies per dag p.p. (kg)	1	Inschatting?
Loodverlies per jaar (kg)	300.000	Berekening (naar beneden afgerond)

Tabel A.2 *Inschatting loodverlies door broodvisserij.*

Parameter	Waarde	Bronvermelding
Aantal schepen Burghsluis/Neeltje Jans lid van vereniging van Handlijnvissers	20	Handlijnvissers
% lidmaatschap	30%	Handlijnvissers
Totaal aantal schepen Burghsluis/Neeltje Jans	65	Berekening
Totaal aantal schepen Burghsluis/Neeltje Jans + Breskens + Stellendam + Scheveningen + Den Helder + Lauwersoog	6 * 65 = 390	Berekening met de aanname dat er in de andere 5 zeehavens net zoveel schepen zijn als bij Burghsluis
Aantal vaardagen per jaar	100	Handlijnvissers
Aantal man per vaartocht	4	Handlijnvissers
Aantal vis-mandagen per jaar	156.000	Berekening
Gemiddeld loodverlies per dag p.p. (kg)	0,6	Inschatting
Loodverlies per jaar (kg)	90.000	Berekening

Tabel A.3 *Inschatting loodverlies door bootvissen Zuid-West delta en Waddengebied.*

Parameter	Waarde	Bronvermelding
Aantal schepen	70	?
Aantal vaardagen per week	3 (156)	Info VVBS leden
Aantal man per vaartocht	20	Inschatting (laag) o.b.v. grootte schepen
Aantal vis-mandagen per jaar	210.000	Berekening
Gemiddeld loodverlies per dag p.p. (kg)	0,05	Inschatting?
Loodverlies per jaar (kg)	10.000	Berekening

Tabel A.4 *Inschatting loodverlies door kantvissen.*

Parameter	Waarde	Bronvermelding
Aantal vis-mandagen per jaar	1.000.000	Aanname dat helft van de visdagen op zout water vanaf de kant wordt gemaakt
Stuks loodverlies per dag	0,33	?
Gewicht gebruikt lood (kg)	0,15	?
Loodverlies per jaar (kg)	50.000	Berekening

Tabel A.5 *Totale inschatting loodverlies door zeesportvisserij.*

Vorm zeesportvisserij	Loodverlies (ton)
Zeevis charters	300
Broodvisserij	90
Bootvissen ZW delta en Wadden	10
Kantvissen	50
<b>Totaal</b>	<b>450</b>

## B Afleiding cumulatieve emissiewaarden

De belasting van vislood is een jaarlijkse bronterm. Deze bronterm is voor zoete wateren geschat op 54 ton/jaar en voor het zoute milieu op 470 ton/jaar. Voor het in oplossing gaan van lood is uitgegaan van korrels met uiteenlopende diameters. Het gewicht van deze korrels wordt eenvoudig berekend via inhoud x dichtheid. Dit levert een totaal corrodeerbaar oppervlak op, horend bij de jaarlijkse bronterm.

De emissie wordt berekend door het totale corrodeerbare oppervlak te vermenigvuldigen met de corrosiesnelheid. Voor de zoete systemen wordt hierbij nog rekening gehouden met het percentage dat in sediment is begraven. De (lineaire) emissie die op deze wijze wordt berekend bedraagt 1.850 kg/jaar in zoete, en 182 kg/jaar in zoute wateren.

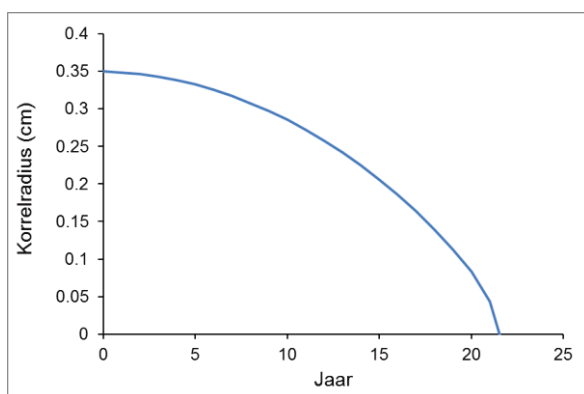
Er wordt van uit gegaan dat alle opvolgende jaren steeds dezelfde bronterm hebben. Het optellen van de jaarlijkse emissie zou echter een ernstige overschatting opleveren, om twee redenen:

1. De korrelgrootte neemt door corrosie elk jaar af, en daarmee het corrodeerbaar oppervlak voor dat jaar.
2. Afnemend gewicht van het corroderende lood, en afnemend oppervlak, zijn niet lineair gecorreleerd.

Bij jaarlijks gelijkblijvende brontermen zal uiteindelijk een evenwicht optreden in de totale jaarlijkse emissie. Dit wordt de cumulatieve emissie genoemd.

De mate waarin de jaarlijkse belasting uit voorgaande jaren afneemt wordt afgeleid uit de afname van de korrelradius. Hoewel groot zeevislood vaak cilinder- of druppelvormig is, wordt in de berekeningen uitgegaan van een bolvorm (korrel). De fout die hiermee mogelijk wordt gemaakt ligt in de grootteorde van 4%.

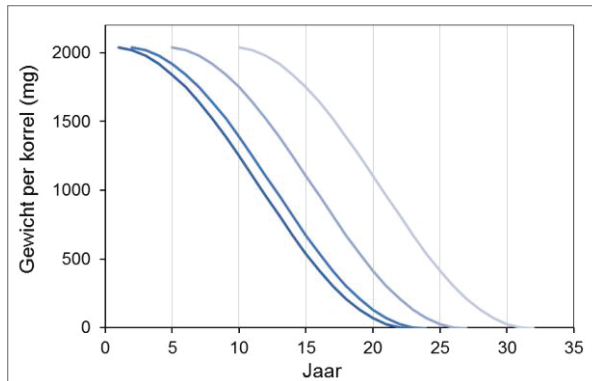
Het oppervlak dat onderhevig is aan corrosie, verandert naarmate de corrosie voortschrijdt. De radius van de bol verandert dus ook. Dit is weergegeven in Figuur B.1 voor een voorbeeld korrel met een radius van 0,35 cm.



Figuur B.1 Afname van de korrelradius als gevolg van corrosie.

De relatieve afname van de emissie uit voorgaande jaren wordt beschreven met een afnemende groeicurve waarin een zogeheten “verdwijnterm” is opgenomen. Deze verdwijnterm is het percentage waarmee de emissie in het voorgaande jaar vermindert ten opzichte van het volgend jaar. Voor het zoete oppervlaktewater is deze verdwijnterm gemiddeld 11,8%, en gemiddeld 3,7% voor het zoute oppervlaktewater. Let op dat dit een gemiddelde verdwijnterm is over de gehele periode, gezien de S-vorm van de curve. In

Figuur B.2 is weergegeven hoe het gewicht van een loodkorrel verloopt in opvolgende jaren voor zoete wateren.



Figuur B.2 Loodkorrelgewicht als functie van de tijd (tijdsdynamisch, voorbeelden zijn weergegeven voor respectievelijk 1,2,5 en 10 jaar).

De afnemende groeifunctie wordt met de volgende parabolische functie beschreven:

$$Y = -ax^2 + bx + c$$

Waarbij Y=korrelradius in cm, x=tijd in jaren, b is de jaarlijkse emissie van de bronterm (resp. 1.850 en 182) en a en c zijn modelparameters.

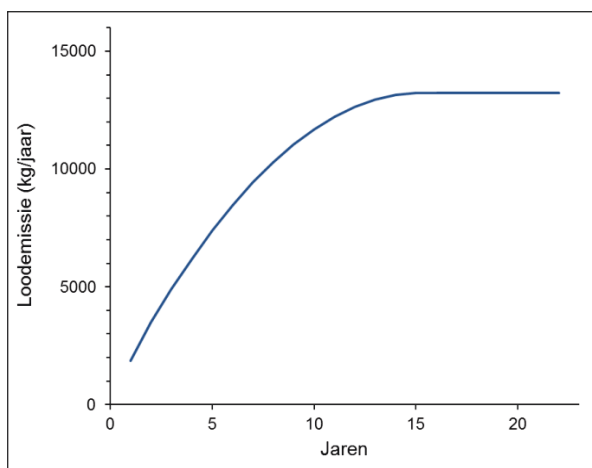
De jaarlijkse emissie voor het zoete oppervlaktewater voor de hoeveelheid lood die op t=1 in het milieu is gebracht ziet er voor de opeenvolgende jaren (t) als volgt uit:

1.850 kg (t=1) + 1.634 kg (t=2) + 1.410 kg (t=3) + enzovoort

Opgeteld levert dit per jaar, inclusief alle voorgaande jaren dus de reeks:

- 1.850 kg in jaar 1
- 3.484 (1.850+1.634 kg) in jaar 2
- 4.894 kg (1.850+1.634+1.410 kg) in jaar 3, enzovoort

Dit resulteert na 17 jaren in een continue, constante, jaarlijkse emissie van 13.300 kg/jr (steady state). Deze waarde geldt voor een jaarlijks constante bronterm van 54 ton (Figuur B.3):



Figuur B.3 Groeicurve voor jaarlijkse belasting van vislood inclusief verdwijntermen voor corrosie (zoet water).

Analoog is de rekenreeks voor de zoute emissie:

182 kg (t=1) + 178 kg (t=2) + 175 kg (t=3) + .....

Waarbij de cumulatieve reeks wordt:

- 182 kg in jaar 1
- 360 kg (182+178 kg) in jaar 2
- 535 kg (182+178+175 kg) in jaar 3, enzovoort .....

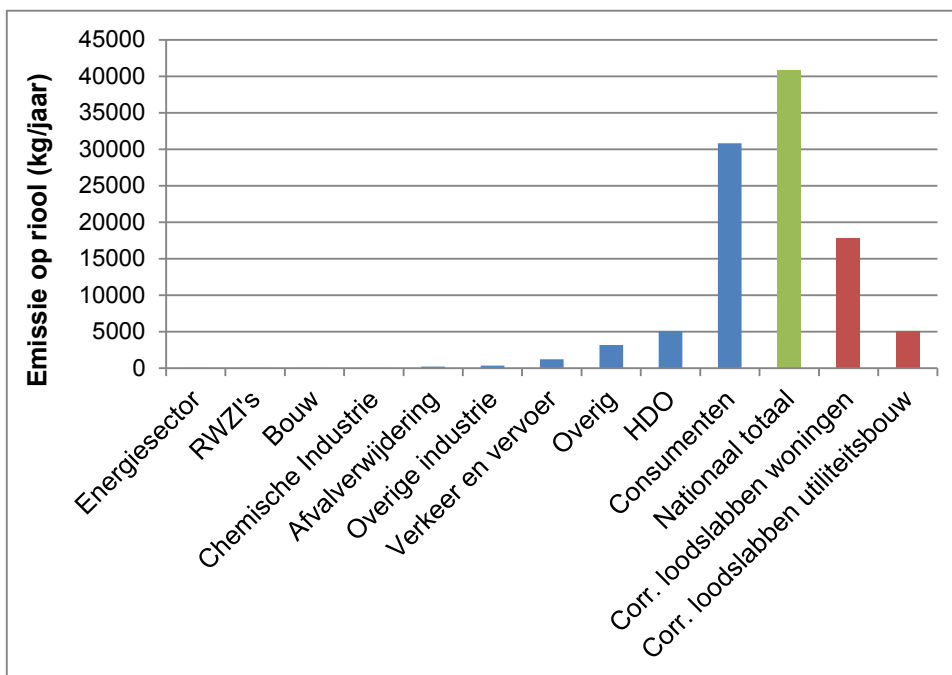
Na 49 jaren wordt de continue, constante, jaarlijkse emissie bereikt van 4.400 kg/jaar.

## C Vergelijking loodemissie sportvisserij met loodbelasting door uitloging van loodslabben

In deze bijlage worden de loodemissies van verschillende bronnen met elkaar vergeleken. Specifiek wordt gekeken naar de loodbelasting op oppervlaktewater vanuit uitloging van loodslabben in woningen en utiliteitsbouw.

De emissies bij woningen worden voor 100% als lozingen op het riool beschouwd. De emissies bij de utiliteitsbouw worden voor 70% als lozingen op het riool beschouwd en voor 30% als belasting van de bodem (ER factsheet 'Corrosie loden stroken en slabben woningen en utiliteitsbouw' (2012b)).

Uit de EmissieRegistratie is voor het jaar 2010 de emissie naar het riool voor de verschillende bronnen gehaald. In Figuur C.1 is in het blauw de loodemissie op het riool voor het jaar 2010 voor de verschillende doelgroepen weergegeven. In het groen is het nationaal totaal van de loodemissie op het riool weergegeven (som van de blauwe staven). In het rood de loodemissie door corrosie van loodslabben van woningen en utiliteitsbouw. Corrosie van loodslabben woningen valt onder de doelgroep 'Consumenten' en onder subdoelgroep 'Productgebruik consumenten' (de rode staaf 'Corr. Loodslabben woningen' is dus een deel van de blauwe staaf 'Consumenten'). Corrosie van loodslabben utiliteitsbouw valt onder de doelgroep 'Handel, Diensten en Overheid (HDO)' en onder de subdoelgroep 'Productgebruik Handel, Diensten en Overheid (HDO)' (de rode staaf 'Corr. Loodslabben utiliteitsbouw' maakt dus onderdeel uit van de blauwe staaf 'HDO').



Figuur C.1 Emissie op het riool van lood (kg) voor de verschillende bronnen. Het nationaal totaal is in groen weergegeven en de corrosie van loodslabben woningen en utiliteitsbouw is in rood weergegeven.



Met behulp van het nationaal totaal is bepaald welk percentage van de totale loodbelasting op het riool wordt ingenomen door corrosie loodslabben van woningen en utiliteitsbouw. Van de totale loodemissie op het riool is 43% afkomstig van corrosie loodslabben woningen en 12% van corrosie loodslabben utiliteitsbouw.

De loodbelasting van oppervlaktewater door effluent van RWZI's is 8863 kg in 2010. Als we uitgaan van dezelfde percentages van de verschillende bronnen zoals ze de RWZI inkomen, is 3811 kg hiervan afkomstig van corrosie loodslabben woningen en 1064 kg van corrosie loodslabben utiliteitsbouw. Dit is dus een totale belasting van het zoete oppervlaktewater met 4875 kg lood door corrosie van loodslabben.

Lood erodeert door neerslag van de loodslabben en komt met het neerslagwater in het riool terecht. In neerslag zit geen DOC waardoor lood in opgeloste vorm ( $\text{Pb}(\text{HCO}_3)_2$  of  $\text{Pb}^{2+}$ ) in het riool terecht komt. In het riool zal lood wel aan het aanwezige DOC binden. Voor lood uit loodslabben hoeft dus geen correctie gemaakt te worden voor de corrosiesnelheid aangezien het al in oplossing is.

De cumulatieve emissie van lood door loodverlies in de sportvisserij 13.300 kg/jaar voor zoet water. De in dit rapport berekende jaarlijkse loodemissie door vislood is dus bijna drie keer groter dan de loodemissie door corrosie van loodslabben (4.875 kg). Dit grote verschil wordt met name veroorzaakt door het cumulatieve effect wat bij vislood meespeelt, maar bij loodslabben niet.