

End of waste criteria voor afgewerkte olie

SAMEN MAKEN WE
MORGEN MOOIER



End of waste criteria voor afgewerkte olie



Documentbeschrijving

1. Titel publicatie

End of waste criteria voor afgewerkte olie

2. Verantwoordelijke Uitgever

Danny Wille, OVAM, Stationsstraat 110, 2800 Mechelen

6. Aantal bladzijden

87

3. Wettelijk Depot nummer

D/2010/5024/14

7. Aantal tabellen en figuren

27

4. Trefwoorden

afgewerkte olie, end of waste criteria

8. Datum Publicatie

maart 2010

5. Samenvatting

9. Prijs*

In voorliggende studie worden end of waste criteria bepaald voor de toepassing van opgewerkte afgewerkte olie als brandstof in de scheepvaart en glastuinbouw.

10. Begeleidingsgroep en/of auteur

Ann Van der Linden, VITO
Ive Vanderreydt, VITO
Gudrun Janssens, OVAM
Anneleen De Wachter, OVAM
Johan Verlinden, OVAM,

11. Contactperso(o)n(en)

Gudrun Janssens, OVAM
Anneleen De Wachter, OVAM
Johan Verlinden, OVAM,

12. Andere titels over dit onderwerp

Gegevens uit dit document mag u overnemen mits duidelijke bronvermelding.

De meeste OVAM-publicaties kunt u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website:
<http://www.ovam.be>

* Prijswijzigingen voorbehouden.

Inhoudstafel

1	Inleiding	13
2	Methode	15
2.1	Achtergrond	15
2.2	Concept	15
2.3	Richtlijnen voor het analyseren van een afvalstroom	16
2.4	Verschillende onderdelen van end of waste criteria	16
2.4.1	Inputmateriaal	17
2.4.2	Processen en technieken	17
2.4.3	Kwaliteit van het eindproduct	17
2.4.4	Potentiële toepassingen	18
2.4.5	Kwaliteitscontrole procedures	18
2.5	Richtlijnen voor impact assessment	18
2.5.1	Impact op milieu en gezondheid	18
2.5.2	Economische impact	19
2.5.3	Markt impact	19
2.5.4	Wettelijke impact	19
2.5.5	Overige socio-economische impact	19
2.6	Onderwerp van deze studie	19
3	Afgewerkte olie en de opwerking ervan tot brandstof	23
3.1	Inleiding	23
3.2	Van ruwe olie tot product	23
3.3	Wat is afgewerkte olie?	25
3.4	Samenstelling en productie afgewerkte olie	27
3.4.1	Samenstelling	27
3.4.2	Ingezelde hoeveelheid	29
3.5	Opwerkingsprocessen voor afgewerkte olie	30
3.5.1	Kraking tot brandstof (WOS, Hautrage)	30
3.5.2	Herraffinage tot brandstof (North Refinery, Delfzijl, NL)	35
3.5.3	Besluit	37
4	Brandstoffen in scheepvaart en glastuinbouw	39
4.1	Glastuinbouw	39
4.1.1	Samenstelling	39
4.1.2	Gebruikte hoeveelheid in Vlaanderen	41
4.1.3	Emissienormering	42
4.1.4	Besluit	43
4.2	Scheepsbrandstof	44
4.2.1	Samenstelling	44
4.2.2	Gebruikte hoeveelheid in Vlaanderen	48
4.2.3	Geldende (emissie)normering	49
4.2.4	Besluit	52
4.3	Algemeen Besluit	52
4.3.1	Vergelijking van de samenstelling	52
4.3.2	Hoeveelheid	53
4.3.3	Emissienormering	53
5	Impact assessment	55

5.1	Algemeen	55
5.2	Vergelijking van de mogelijke milieu-impact	55
5.2.1	Input materiaal	55
5.2.2	Proces	56
5.2.3	Eindproduct	56
5.2.4	Toepassingsmogelijkheden	68
5.3	Besluit	69
6	End of waste criteria	71
6.1	Inleiding	71
6.2	End of waste criteria : input material	72
6.3	End of waste criteria : process	72
6.4	End of waste criteria : eindproduct	73
6.5	End of waste criteria : toepassingsmogelijkheden	73

Samenvatting

De wetgeving laat momenteel het gebruik van (opgewerkte) afgewerkte olie als brandstof niet toe. Afgewerkte olie is anders van samenstelling dan de ruwe aardolie waaruit men brandstoffen maakt. Bovendien kan afgewerkte olie andere verontreinigende bestanddelen bevatten. Daarom is het logisch en wenselijk deze opgewerkte afgewerkte olie, bij gebruik als brandstof, op meer parameters te onderzoeken dan deze die vermeld worden in de productnormen voor vloeibare brandstoffen. Deze (Belgische) productnormen voor vloeibare brandstoffen (gasolie/dieselolie, stookolie, scheepsbrandstof, ...) zijn immers in eerste instantie bedoeld voor nieuwe (virgin) brandstoffen en zijn bovendien beperkt qua milieutechnische parameters.

Daarom werden volgende end of waste criteria bepaald waaraan herwerkte afgewerkte olie moet voldoen voor gebruik als (product-)brandstof in de scheepvaart en de glastuinbouw:

- 1) de afgewerkte olie die als input wordt gebruikt voor de productie van brandstof moet voldoen aan volgende criteria :
 - a) enkel afgewerkte olie (zoals omschreven in de milieubeleidsovereenkomst (MBO) voor afgewerkte olie) komt in aanmerking;
 - b) het PCB gehalte moet lager zijn dan 50 ppm
 - c) Indien de uitbater van een installatie kan aantonen dat een andere input dan smeerolie in overeenstemming is met de samenstelling van afgewerkte smeerolie (zoals weergegeven in Tabel 1) kan ook deze input worden toegestaan.
- 2) het opwerkingsproces dat gebruikt wordt om van afgewerkte olie een brandstof te maken moet minstens volgende 3 onderdelen omvatten :
 - a) zeeffase (of filtratie): nodig om het grootste gedeelte van de vaste stoffen uit de afgewerkte olie te verwijderen;
 - b) ontwatering: om het aanwezige water terug te reduceren tot een aanvaardbaar niveau voor verdere verwerking in de installatie;
 - c) destillatie: om de bitumineuze fractie (ketenlengte > C20) af te scheiden van de brandstoffractie (ketenlengte C8 – C20).
- 3) het eindproduct moet minstens aan volgende samenstellingseisen voldoen:
 - a) S-gehalte < 1,0 m%;
 - b) Cl-gehalte < 250 ppm;
 - c) Σ (As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Pb, Ni, Sn, V) < 25 ppm;
 - d) PCB < 1 ppm.

Deze voorgestelde samenstellingseisen betreffen absolute maxima. Indien lagere gehalten gehaald kunnen worden, met name voor zwavel, kan dit invloed hebben op de (in volgende paragraaf voorgestelde) toepassingsmogelijkheden.

- 4) De toepassingsmogelijkheden van de geproduceerde brandstof, na te hebben voldaan aan criteria 1 tot 3, worden beperkt:
 - a) In de glastuinbouw:
 - i) Gebruik als brandstof ter vervanging van zware stookolie.
 - ii) Indien het S-gehalte van opgewerkte afgewerkte olie gereduceerd kan worden tot 0,1% kan deze brandstof gebruikt worden ter vervanging van gasolie/dieselolie.
 - b) In de binnenvaart

- i) kan opgewerkte afgewerkte olie gebruikt worden als blendmiddel om de viscositeit van de gebruikte brandstoffen te verlagen. (In de scheepvaart is het gebruik van blendmiddelen in brandstoffen een gangbare praktijk om de gewenste specificaties te bekomen). Opgewerkte afgewerkte olie kan niet gebruikt worden ter vervanging van gasolie als brandstof omwille van het hoge zwavelgehalte.
- ii) Wanneer het S-gehalte van opgewerkte afgewerkte olie gereduceerd kan worden tot maximum 0,1% kan deze brandstof gebruikt worden in de binnenvaart.
- c) In de zeescheepvaart
 - i) kan opgewerkte afgewerkte olie gebruikt worden ter vervanging van destillatie marine brandstoffen of
 - ii) als blendmiddel om de gewenste kwaliteit residu marine brandstof te bekomen

Deze voorwaarden komen bovenop reeds bestaande productnormen en grenswaarden die van kracht zijn.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de toepassingsmogelijkheden van opgewerkte afgewerkte olie met bijhorende samenstellingsvoorwaarden zoals bepaald in voorliggende studie.

		S-gehalte	Cl-gehalte	Σ (As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Pb, Ni, Sn, V)	PCB-gehalte
toepassingsgebied	type	%	ppm		
glastuinbouw	zware stookolie	1	<250	<25	< 1
	gasolie/dieselolie	0,1			
binnenvaart	blendmiddel	1			
	gasolie/dieselolie	0,1			
zeescheepvaart	blendmiddel	1			
	destillatie marine brandstof	1			

In voorliggende studie werd uitgegaan van een beperkt toepassingsgebied voor opgewerkte afgewerkte olie. Dit wil echter niet zeggen dat het uiteindelijke gebruik van opgewerkte afgewerkte olie beperkt moet worden tot het onderzochte toepassingsgebied. Uit de studie is gebleken dat het mogelijke gebruik van opgewerkte afgewerkte olie die voldoet aan de voorgestelde end of waste criteria, niet bepaald wordt door de sector die deze brandstof wil gebruiken. De mogelijke toepassing wordt bepaald door de productnormering voor het product dat vervangen zal worden door de opgewerkte afgewerkte olie. Indien opgewerkte afgewerkte olie voldoet aan de end of waste criteria die worden voorgesteld betreffende de input, het opwerkingsproces en het eindproduct en bovendien voldoet aan de productnormering van het te vervangen product, kan het toepassingsgebied worden uitgebreid.

Summary

The legislation currently does not allow the use of re-refined waste oils as fuel. Waste oil has a different composition compared to the crude oil that is used to produce fuels. In addition, waste oils can contain other pollutants. For this reason, it is logical and desirable to examine this re-refined waste oils used as fuel on more parameters than just those that are listed in the product standards for liquid fuels. These (Belgian) product standards for liquid fuels (diesel oil/gasoil, fuel oil, ship fuel, ...) are primarily intended for new (virgin) fuels and are also limited in terms of environmental parameters.

For this reason, following end-of-waste criteria were determined which must be met by the waste oils before they can be used as a (product) fuel in the shipping and the (glass) horticulture:

- 1) the waste oils used as input for the production of fuel must meet the following criteria:
 - a) only waste oils, such as set out in the environmental policy agreement for waste oil is eligible,
 - b) the PCB content must be less than 50 ppm.

If the manager of an installation can demonstrate that the desired input other than waste oil as defined in the MBO, in accordance is with the composition of waste lubricating oil (as shown in table 1) this input can be allowed.

- 2) the treatment process that is used for waste oils to create a fuel must include at least the following three components:
 - a) a filtration unit: this is needed separate the solids from the waste oils;
 - b) a dewatering unit : to reduce the water content of the waste oil to an acceptable level for further processing in the system;
 - c) a distillation unit : to separate the bituminous fraction (chain length > C 20) from the fuel fraction (chain length C8 – C20).
- 3) the final product must meet at least the following composition requirements:
 - a) S-content < 1.0 m%;
 - b) Cl-content of < 250 ppm;
 - c) Σ (As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sn, V) < 25 ppm
 - d) PCB < 1 ppm.

The proposed composition are absolute limit values. If lower levels can be achieved, in particular for S, this may have an effect on the in the following paragraph proposed range of application.

- 4) The range of application of the produced fuel, after having met criteria 1 to 3, is limited :
 - a) For (glass) horticulture
 - i) to replace heavy fuel oil.
 - ii) In case that the S-content of re-refined waste oils can be reduced to 0.1%, this fuel can used to replace gasoil/diesel oil.
 - b) for inland shipping
 - i) re-refined waste oils can be used as a blend to reduce the viscosity of the fuels that are used. The use of blends in fuels to obtain the desired specifications is a common practice in the shipping industry. Re-refined waste oils cannot be used to replace gasoil/diesel oil, because of its high S-content.

- ii) If the S-content of re-refined waste oils is reduced to 0,1%, this fuel can be used to replace traditional fuels used in inland shipping.
- c) In the maritime sector,
 - i) re-refined waste oils can be used as a substitute for distillation marine fuels,
 - ii) or as a blend to produce the desired quality residue navy fuel.

The following table provides an overview of the scope of re-refined waste oils with corresponding composition conditions as set out in this study. These terms are in addition to the already existing product standards and limit values that are in force.

		S-content	Cl-content	Σ (As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Pb, Ni, Sn, V)	PCB-content
Range of application	type	%	ppm		
(glass)horticulture	heavy fuel oil	1	< 250	< 25	< 1
	gasoil/diesel	0,1			
Inland shipping	blend	1			
	gasoil/diesel	0,1			
Maritime sector	blend	1			
	distillation marine fuel	1			

This study was based on a limited scope for re-refined waste oils. This does not mean that the final use of re-refined waste oils should be limited to the scope of the study. The study has shown that the possible use of re-refined waste oil that meets the proposed end-of-waste criteria is not determined by the industry that would like to use this fuel. The application is determined by the product standard. If re-refined waste oils meets the end-of-waste criteria that will be proposed on the input, the process and the finished product and product also meets the standards of the product it replaces, the scope can be extended.

Résumé

La législation n'autorise actuellement pas l'utilisation d'huile usagée re-raffinée comme combustible. L'huile usagée a une composition différente de celle du pétrole brut dont on produit les combustibles traditionnels. Par ailleurs, l'huile usagée peut contenir d'autres éléments polluants. Pour ces raisons, il est logique et souhaitable que cette huile usagée re-raffinée, utilisée comme combustible, soit examinée sur plusieurs paramètres, en plus de ceux mentionnés dans les normes de produits combustibles liquides.

Ces normes (belges) de produits combustibles liquides (gasoil/diesel-oil, mazout, combustibles pour la navigation, etc.) concernent en première instance les combustibles primaires et sont par ailleurs limitées (insuffisantes) au niveau des paramètres environnementaux.

Pour cette raison, des critères End of Waste doivent être déterminés et servir de référence pour l'utilisation d'huile usagée re-raffinée comme combustible (considéré comme produit) en navigation et en horticulture forcée (sous serre) :

1. L'huile usagée qui est utilisée comme input pour la production de combustibles doit répondre aux critères suivants :
 - a) Entre uniquement en compte de l'huile usagée telle que définie par la convention environnementale sur l'huile usagée ;
 - b) La teneur en PCB doit être inférieure à 50 ppm.

Si l'exploitant d'une installation autorisée peut démontrer qu'un autre input est compatible avec de l'huile usagée, conformément à la composition de l'huile lubrifiante usagée (tel que définie dans le tableau 1), alors cet input peut être accepté.

2. Le procédé de re-raffinage utilisé pour produire un combustible à partir d'huile usagée doit comporter au minimum trois phases :
 - a) Phase de filtration nécessaire à l'enlèvement de la majorité des sédiments présents dans l'huile usagée ;
 - b) Déshydratation : pour réduire la teneur en eau à un niveau acceptable avec la suite du procédé de re-raffinage ;
 - c) Distillation : pour séparer la fraction combustible gasoil/fuel (longueur de chaîne : C8-C20) de la fraction combustible lourde (longueur de chaîne > C20).
3. Le produit final doit satisfaire aux critères suivants :
 - a) Teneur S < 1 m% ;
 - b) Teneur Cl < 250 ppm ;
 - c) $\sum (\text{As, Cd, Cr, Co, Cu, Mm, Pb, Ni, Sn, V}) < 25 \text{ ppm}$;
 - d) PCB < 1 ppm.

Les limites d'acceptation sont à considérer comme maxima absolus. Si des valeurs inférieures peuvent être obtenues (en particulier pour le soufre), cela peut élargir les possibilités d'utilisation du combustible produit (comme expliqué dans le paragraphe suivant).

- 1) Les possibilités d'utilisation du combustible produit, après avoir repli les critères 1 à 3, sont limitées à :
 - a) L'horticulture forcée (sous serre),
 - i) en remplacement de fuel lourd;

- ii) Dans le cas de teneur en soufre de l'huile usagées re-raffinée peuvent être réduits à 0,1 %, ce carburant sont utilisés à la place du gasoil/diesel-oil.
- b) La navigation intérieure,
 - i) comme élément entrant dans la production de combustible par la technique couramment utilisée de blending (notamment pour améliorer la viscosité du mix combustibles utilisés). Ce n'est pas applicable en substitution de gasoil/diesel-oil du fait de la teneur en soufre trop élevée. Cette limitation est levée lorsque la teneur en soufre de l'huile usagée re-raffinée peut-être réduite sous maximum 1 %.
 - ii) Lorsque la teneur en soufre des huiles usagées re-raffinée peut être réduite à 0,1 %, ce combustible utilisé dans la navigation intérieure.
- c) La navigation haute-mer
 - i) en remplacement des distillats pour la marine et
 - ii) pour entrer dans la production de combustible par la technique couramment utilisée de blending.

Dans le tableau ci-dessous donne un aperçu de la portée des huiles usagées re-raffinée avec les conditions de composition correspondantes énoncées dans cette étude. Ces conditions s'ajoutent aux valeurs limites et aux normes déjà existantes sur les produits.

		teneur S	teneur Cl	Σ (As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Pb, Ni, Sn, V)	teneur PCB
Les possibilités d'utilisation	type	%	ppm		
L'horticulture forcée	fuel lourd	1	< 250	< 25	< 1
	gasoil/diesel-oil	0,1			
La navigation intérieure	blend	1			
	gasoil/diesel-oil	0,1			
La navigation haute-mer	blend	1			
	distillats pour la marine	1			

La présente étude pour l'utilisation d'huile usagée re-raffinée comme combustible a été menée dans des cas définis de possibilités d'utilisation. Cela n'implique cependant pas que les possibilités d'utilisation soient limitées à ces cas d'étude. Aucune limite de secteur voulant utiliser l'huile usagée re-raffinée comme combustible n'est imposée pour autant que les critères End of Waste soient respectés par le secteur en question. La possibilité d'utilisation est conditionnée par le respect des normes en application pour le produit qui est remplacé par l'huile usagée re-raffinée. Donc l'utilisation de l'huile usagée re-raffinée comme combustible peut être étendue à d'autres secteurs industriels si les critères End of Waste sont respectés tout comme les étapes de production et les normes d'application pour le produit qui est remplacé.

1 Inleiding

De wetgeving laat momenteel het gebruik van (opgewerkte) afgewerkte olie als brandstof niet toe. De samenstelling van afgewerkte olie is anders dan deze van de ruwe aardolie waaruit men brandstoffen maakt. Ook de verontreinigende bestanddelen die in afgewerkte olie aanwezig kunnen zijn kunnen afwijken van deze die aanwezig zijn in virgin brandstoffen. Daarom is het logisch en wenselijk om deze opgewerkte afgewerkte olie bij gebruik als brandstof op meer parameters te onderzoeken dan louter deze die vermeld worden in de productnormen voor vloeibare brandstoffen. Deze (Belgische) productnormen voor vloeibare brandstoffen (gasolie, stookolie, scheepsbrandstof, ...) zijn immers in eerste instantie bedoeld voor nieuwe (virgin) brandstoffen en beperkt qua milieutechnische parameters.

OVAM gaf aan VITO de opdracht om end of waste criteria (einde afval criteria) op te stellen voor afgewerkte olie voor gebruik als brandstof met als beoogde toepassingsgebieden de scheepvaart en de glastuinbouw. Deze opdracht kadert in een vraag van het kabinet van de Vlaamse minister van Leefmilieu. Voorliggend rapport is hiervan het resultaat. Deze studie geeft een korte termijn invulling aan het huidige beleid en doet geen uitspraak over het toekomstige beleid ten aanzien van afgewerkte olie. De studie maakt geen afweging van mogelijke verwerkingsopties voor afgewerkte olie. De studie tracht enkel antwoord te geven op volgende vraag: aan welke criteria moet afgewerkte olie voldoen om gebruikt te kunnen worden als brandstof zonder een hogere impact op milieu en gezondheid te veroorzaken dan de traditioneel gebruikte brandstoffen in de onderzochte sectoren.

Op Europees niveau werd onder begeleiding van IPTS (The Institute for Prospective Technological Studies, Sevilla, Spanje) een onderzoek gevoerd naar een geschikte methodologie om end of waste criteria op te stellen. Dit gebeurde aan de hand van 3 gevalstudies, namelijk compost, aggregaten en metaalafval.

De aanpak voor het opstellen van end of waste criteria voor afgewerkte olie werd maximaal afgestemd op de door IPTS opgestelde methode. Concreet betekent dit o.a. dat de fundamentele eisen die aan elke set van end of waste criteria door Europa worden gesteld, ook gecontroleerd worden tijdens het opstellen van end of waste criteria voor afgewerkte olie.

2 Methode

In voorliggend hoofdstuk wordt eerst de (Europese) methode voor het opstellen van end of waste criteria, zoals ze werd ontwikkeld door het IPTS, besproken. Vervolgens wordt dieper ingegaan op de onderdelen die in deze studie onderzocht zullen worden voor het opstellen van end of waste criteria voor afgewerkte olie in Vlaanderen.

2.1 Achtergrond

In de thematische strategie over de preventie en recyclage van afval¹ werd voorgesteld om verduidelijking te verschaffen rond de mogelijkheid om afval onder bepaalde voorwaarden niet meer als afval te beschouwen maar als 'herwonnen materiaal'. In de Kaderrichtlijn Afval (Waste Framework Directive)² staan de bepalingen om End of Waste Criteria te definiëren waaronder op Europees niveau afval beschouwd kan worden als materiaal in plaats van als afval, en vervolgens vrij verhandeld kan worden als product.

Het eigenlijke doel van end of waste criteria is recyclage vergemakkelijken en bevorderen, rekening houdend met de bescherming van het milieu, reductie van het gebruik van natuurlijke grondstoffen alsook de hoeveelheid af te voeren en te verwerken afval. Momenteel wordt recyclage van bepaalde afvalstromen verhinderd door verschillende factoren die overwonnen kunnen worden door te bepalen en aan te geven wanneer afval ophoudt met afval te zijn en een product wordt.

In de volgende paragrafen wordt de methode weergegeven om end of waste criteria te definiëren. Eerst wordt gefocust op de algemene methode om dergelijke criteria te definiëren. Deze methode is gebaseerd op het rapport "end of waste criteria" van IPTS. (Voor meer gedetailleerde informatie wordt verwezen naar dit rapport.) Vervolgens wordt deze methode toegepast op de specifieke afvalstroom "afgewerkte olie" om zo tot specifieke end of waste criteria te komen voor deze afvalstroom.

2.2 Concept

In de Kaderrichtlijn Afval² worden voorwaarden vastgelegd waaraan end of waste criteria moeten voldoen. Volgens deze voorwaarden kan een afvalstof de noemer afval enkel verliezen (en vervolgens 'product' genoemd worden) indien:

- het 'product' in het algemeen gebruikt wordt voor specifieke doelen;
- er een markt/vraag is voor het 'product';
- het 'product' voldoet aan de technische eisen voor algemeen gebruik en aan de bestaande wetgeving en standaarden die van toepassing zijn op producten;
- het gebruik of de toepassing van het 'product' niet leidt tot een hogere impact op het milieu of de menselijke gezondheid.

Deze voorwaarden garanderen dat het 'product' geschikt is voor gebruik én nuttig zal worden ingezet, en voorkomen dat er end of waste criteria worden opgesteld voor afvalstromen waarvoor (nog) geen vraag of markt bestaat.

Het uiteindelijke doel van het opstellen van end of waste criteria is om technische vereisten vast te leggen die bepalen wanneer afval niet meer beschouwd moet worden als afval, zonder gevaar voor het milieu. Deze criteria zijn een instrument

¹ COM(2005) 666

² Richtlijn 2008/98/EG

om recyclage te bevorderen, afhankelijk van de verwerkingsmethode die wordt gekozen. Ze sluiten ook geen afval uit om te worden gerecycleerd: indien een materiaal niet voldoet aan de end of waste criteria wil dit niet zeggen dat een materiaal niet gerecycleerd mag worden. Deze stroom kan alsnog gerecycleerd worden, maar blijft ook na recyclage een afvalstroom. De verdere verwerking van het recyclaat moet dus voldoen aan de voorwaarden die van kracht zijn voor afvalstoffen.

End of waste criteria zijn dus alle eisen en voorwaarden waaraan een materiaal dat ontstaan is uit afval moet voldoen, die ervoor zorgen dat de kwaliteit van het materiaal zodanig is dat het materiaal niet weggeworpen/gedumpt zal worden en het gebruik ervan niet schadelijk is voor de menselijke gezondheid en het milieu.

End of waste criteria zijn vereisten die opgelegd worden bovenop algemene eisen die aan het proces of 'product' worden opgelegd door wetgeving (zoals IPPC Directive (cf BREF), VLAREM, productnormen, REACH,...).

End of waste criteria zijn niet bedoeld om verschillende verwerkingsmogelijkheden ten opzichte van elkaar af te wegen of om de prioriteit van een verwerkingstechniek binnen de afvalhiërarchie te bepalen of te vergelijken. Dergelijke afwegingen moeten in specifiek hiervoor bedoelde studies onderzocht worden.

2.3 Richtlijnen voor het analyseren van een afvalstroom

Voor de afvalstroom onder analyse is het fundamenteel om volgende aspecten te identificeren:

- inventarisatie van de relevante materiaalstromen;
- huidige en potentiële gebruiksroutes van deze afvalstroom, inclusief de gebruikte processen;
- relevante afvalwetgeving (nationaal en internationaal);
- geldende wetgeving, niet gerelateerd aan de afvalwetgeving, voor het gebruik en beheer van het materiaal.
- geldende productnormen van het product dat door de afvalstroom vervangen zal worden;
- specificaties voor de gebruikers;
- huidige en (inschatting van de) toekomstige marktsituatie;
- economische en technische haalbaarheid van de productie van secundaire materialen die voldoen aan de end of waste criteria;
- concurrerende materialen in de ontvangende markt;

Deze gegevens moeten het mogelijk maken om conclusies te trekken over mogelijke end of waste criteria en aantonen dat deze in overeenstemming zijn met de fundamentele principes van end of waste.

2.4 Verschillende onderdelen van end of waste criteria

De voorwaarden voor het opstellen van end of waste criteria zoals opgenomen in de Waste Framework Directive, de beweegreden voor het opstellen van de criteria

en een gedetailleerde gegevensinzameling vormen de basis voor het opstellen van de end of waste criteria. Deze criteria moeten zo opgesteld zijn dat ze verzekeren dat het materiaal voldoet aan de geldende productnormen. De end of waste criteria kunnen opgesteld worden voor 1 of meerdere onderdelen van de recuperatieketen. Dit is afhankelijk van de complexiteit van de evaluatie van de verschillende onderdelen van de keten en kan verschillen naargelang de afvalstroom.

End of waste criteria kunnen opgesteld worden op het niveau van:

- het input materiaal (= de afvalstroom);
- de gebruikte verwerkingsprocessen en –technieken;
- de kwaliteit van het eindproduct;
- potentiële toepassingen.

2.4.1 Inputmateriaal

Voor het inputmateriaal kunnen end of waste criteria specificaties of beperkingen naar samenstelling of herkomst van het afvalmateriaal omvatten. Vooraf wordt bepaald welke potentieel gevaarlijke elementen eventueel aanwezig kunnen zijn in de afvalstroom. Voor deze elementen moet vervolgens bepaald worden of deze al dan niet adequaat kunnen aangepakt worden in het verwerkingsproces, en of dat ze geweerd moeten worden uit het proces. In dit laatste geval moeten end of waste criteria worden opgesteld die betrekking hebben op het inputmateriaal, en op die manier bepalend zijn voor de uiteindelijke kwaliteit van het eindproduct.

Het zal niet steeds nodig zijn om kwaliteitseisen op te leggen aan het inputmateriaal. Dit kan het geval zijn wanneer de uiteindelijke kwaliteit van het eindproduct verzekerd kan worden door de gehanteerde procesparameters en/of de aan het eindproduct gestelde kwaliteitseisen.

2.4.2 Processen en technieken

De gebruikte processen of technieken kunnen gebruikt worden als onderdeel van de end of waste criteria indien ze de kwaliteit van het eindproduct beïnvloeden, zoals procesparameters (temperatuur, verblijfstijd, pH, enz.) die de garantie bieden dat ze een specifieke kwaliteit van het eindproduct garanderen.

Ook hier geldt dat er niet steeds criteria moeten worden opgesteld die betrekking hebben op dit onderdeel. Dit kan het geval zijn wanneer de kwaliteit van het eindproduct gegarandeerd kan worden door de gehanteerde criteria verbonden aan de input en/of de aan het eindproduct gestelde kwaliteitseisen.

2.4.3 Kwaliteit van het eindproduct

Voor geproduceerde producten is het noodzakelijk dat ze voldoen aan bepaalde kwaliteitseisen. Voor een aantal producten kan het bovendien nodig zijn dat ze aan bepaalde samenstellingseisen voldoen. Indien door toepassing van eisen op het inputmateriaal en/of aan de gebruikte processen of technieken niet gegarandeerd kan worden dat aan deze productnormen kan worden voldaan, moet het eindproduct getest worden om te bewijzen dat het voldoet aan de gestelde eisen.

Het is belangrijk om na te gaan hoe wetgeving die van toepassing is op een product, niet gerelateerd aan afval, omgaat met het milieurisico gerelateerd aan

het gebruik van een product. Vervolgens moet worden nagegaan welke bescherming van het milieu wordt gegarandeerd door de afvalwetgeving. Op basis van deze vergelijking kunnen additionele kwaliteitseisen worden opgenomen in de end of waste criteria zoals bijvoorbeeld het beperken van bepaalde polluenten of onzuiverheden.

2.4.4 Potentiële toepassingen

End of waste criteria kunnen niet gebruikt worden om het gebruik van de eindproducten te regelen of controleren. Een analyse van het potentieel gebruik van het eindproduct is nodig om te kunnen besluiten of er enerzijds een markt is voor het product en anderzijds om de potentiële milieurisico's verbonden aan het gebruik van het product te achterhalen. Het gebruik van het eindproduct is gebonden aan niet-afval gerelateerde wetgeving, waaraan moet voldaan worden als onderdeel van de end of waste criteria.

2.4.5 Kwaliteitscontrole procedures

Om te kunnen garanderen dat end of waste criteria gerespecteerd worden tijdens het recuperatieproces moeten erkende kwaliteitsprocedures gehanteerd worden. De voorwaarden die opgelegd worden aan hetzij inputmateriaal, processen en technieken en/of eindproduct moeten onderworpen zijn aan een kwaliteitscontrole zodat de kwaliteit van het eindproduct gegarandeerd kan worden.

2.5 Richtlijnen voor impact assessment

Als onderdeel van de algemene methode voor het bepalen van end of waste criteria, moeten de potentiële impacts verbonden aan de end of waste criteria bepaald worden. Dit om te garanderen dat aan de basis principes voor het definiëren van end of waste criteria wordt voldaan.

2.5.1 Impact op milieu en gezondheid

Het impact assessment zou moeten gebeuren in overeenstemming met 'levenscyclus denken', rekening houdend met alle impacts op milieu en gezondheid en voor alle milieucompartimenten. Dit moet gebeuren door zo veel mogelijk gebruik te maken van state of the art impact assessment methoden, door middel van ofwel mid-point of end-point impact categorieën.

Bij de beoordeling moet de focus liggen op de directe en indirecte effecten die gepaard gaan met verlies van de noemer afval van het product door het gebruik van end of waste criteria. Directe effecten worden veroorzaakt door bijvoorbeeld criteria die de aanwezigheid van bepaalde polluenten beperken, of andere criteria die de kwaliteit van het eindproduct garanderen. Verandering in de proces gerelateerde emissies ten gevolge van kwaliteitseisen gesteld aan het gebruikte eindproduct zijn indirecte effecten verbonden aan de end of waste criteria.

In de praktijk moet tijdens het assessment de focus liggen op de milieu impacts die geïdentificeerd werden als 'meest relevant' tijdens de end of waste analyse (bovenop de impacts verbonden aan het toepassen van de end of waste criteria zelf). Omdat het een differentiërende aanpak betreft, het vergelijken van de impact wanneer men met end of waste criteria werkt met de impact wanneer men geen actie onderneemt, zal het vaak niet nodig zijn om absolute indicatoren te berekenen voor het evalueren van de milieu-impact. Het overall effect van de

evaluatie mag niet negatief zijn, en is bij voorkeur duidelijk positief. Indien dit niet het geval is moeten de voorgestelde end of waste criteria herzien of verworpen worden.

2.5.2 Economische impact

Er moet een kosten en baten analyse gemaakt worden voor zowel de materialen die voldoen aan de end of waste criteria als voor de materialen die niet voldoen. Het voldoen aan de vooropgestelde end of waste criteria brengt een economische kost met zich mee voor het eindproduct. Aan de andere kant brengt het voldoen aan de criteria ook met zich mee dat het materiaal niet langer een afvalstroom is maar een waardevoller product voor de consument. Veranderingen in kosten en baten doorheen de verwerkingsketen, om te voldoen aan de end of waste criteria, zullen de prijs van het eindproduct beïnvloeden. Deze veranderingen moeten zo goed mogelijk gekwantificeerd worden.

2.5.3 Markt impact

De impact op de markt moet geanalyseerd worden. Deze analyse houdt in dat vraag en aanbod zullen veranderen als gevolg van het invoeren van end of waste criteria voor een bepaald eindproduct. Deze analyse moet zowel de eindproducten die voldoen aan de end of waste criteria omvatten als diegene die niet voldoen. Bovendien moet de analyse mogelijke gebruikers ten gevolge van het invoeren van de criteria identificeren. Ten slotte moet een analyse gemaakt worden over hoe de markt voor alternatieve materiaalstromen beïnvloed zal worden.

2.5.4 Wettelijke impact

Een materiaal dat voldoet aan de end of waste criteria valt niet meer onder de afvalwetgeving. Tijdens de wettelijke impactanalyse moeten twee aspecten worden nagegaan. Er moet worden nagegaan welke wetgeving en voorschriften die niet gelden voor afvalstoffen, van kracht zullen zijn eens het eindmateriaal niet meer als afval wordt beschouwd. Daarnaast moet worden nagegaan welke regelgeving voor het eindmateriaal van kracht is, onafhankelijk of het afval is of niet.

2.5.5 Overige socio-economische impact

Door het invoeren van end of waste criteria kunnen twee socio-economische impacts verwacht worden. Het kan zijn dat er mogelijk bijkomende bronscheiding en aparte inzameling van de afvalstroom vereist is. Dit vraagt een bepaalde graad van betrokkenheid en medewerking van de producent van de afvalstroom. Een ander aspect betreft de acceptatie van het eindproduct door de gebruiker. Door het invoeren van end of waste criteria kan verwacht worden dat de perceptie van het gebruik zal veranderen. Het eindproduct is geen afvalstroom meer, het voldoet aan strikte product kwaliteitseisen en het kan het gebruik van primaire materiaalstromen vervangen.

2.6 Onderwerp van deze studie

Voor de bepaling van end of waste criteria voor afgewerkte olie zal onderzocht worden of het eindproduct voldoet aan de algemene voorwaarden voor het opstellen van end of waste criteria zoals opgenomen in de Waste Framework Directive (richtlijn 2008/98/EG). Dit wil zeggen dat wordt nagegaan of:

- het eindproduct algemeen gebruikt wordt voor specifieke doelen,
- er een markt is voor het eindproduct,
- het eindproduct voldoet aan de geldende productnormen (zoals van kracht voor het product dat vervangen zal worden),
- er geen hogere milieu-impact en impact op menselijke gezondheid verbonden is aan het gebruik van het eindproduct,

In eerste instantie wordt een overzicht gemaakt van de kwaliteit van zowel nieuwe (virgin) olie als van afgewerkte olie, om na te gaan welke verontreinigingen en componenten in afgewerkte olie kunnen zitten die een milieu-impact of impact op de menselijke gezondheid kunnen hebben.

Vervolgens wordt nagegaan hoe de afgewerkte olie kan opgewerkt worden tot een brandstof, en wat de kwaliteit en samenstelling is van de brandstof.

Als toepassingsgebieden voor de uit afgewerkte olie geproduceerde brandstof wordt gefocust op de scheepvaart en de glastuinbouw. Door vergelijking van de geldende productnormen en technische specificaties voor de traditioneel gebruikte brandstoffen in deze sectoren met de kwaliteit/samenstelling van opgewerkte afgewerkte olie kan vervolgens bepaald worden voor welke parameters of verontreinigingen bijkomende criteria (bovenop de productnormen) moeten opgelegd worden om de impact op mens en milieu tijdens het gebruik van opgewerkte afgewerkte olie als brandstof te beperken. Hierbij wordt ook een (beperkte) analyse gemaakt van de markt binnen de scheepvaart en de glastuinbouw waar opgewerkte afgewerkte olie (opgewerkte afgewerkte olie) ingezet kan worden. Er wordt hiertoe een inschatting gemaakt van het huidige brandstofverbruik binnen de scheepvaart en de glastuinbouw.

Uiteindelijk wordt er dus bepaald aan welke criteria het eindproduct moet voldoen om ingezet te kunnen worden als brandstof voor de scheepvaart en de glastuinbouw. De criteria zullen in lijn zijn met de methode die door het IPTS werd opgesteld. De gedefinieerde criteria kunnen zowel gaan over de input, het verwerkingsproces, de potentiële toepassingsgebieden als over mogelijke kwaliteitseisen die aan het eindproduct gesteld moeten worden.

Ten slotte wordt een impact assessment gemaakt om de potentiële impact van de end of waste criteria op het milieu (en menselijke gezondheid) na te gaan. Tijdens het assessment zal 'levenscyclusdenken' worden toegepast en zal een differentiërende aanpak gevolgd worden. Dit wil zeggen dat (op niet-kwantitatieve manier) wordt nagegaan welke de impact zou zijn voor het milieu en de menselijke gezondheid wanneer geen actie wordt ondernomen, en vergeleken wordt met wanneer er wel end of waste criteria worden toegepast.

Dit wil dus ook zeggen dat een deel van het impact assessment zoals het wordt voorgeschreven in de Europese methode voor het opstellen van end of waste criteria niet gemaakt wordt in voorliggende studie, met name de analyses met betrekking tot de economische impact, impact op de markt, wettelijke impact en socio-economische impact worden niet opgenomen in deze studie.

In de studie voor IPTS werd bovendien nagegaan wat de impact op regionaal niveau zou zijn van het invoeren van end of waste criteria op Europees niveau. In sommige regio's zijn voor bepaalde afvalstoffen al regelingen rond het gebruik van secundaire grondstoffen uit afvalstoffen van kracht, en in de IPTS studie wordt nagegaan of de voorgestelde Europese criteria al dan niet zouden leiden tot een hogere impact in de regio's. Deze aanpak is in deze studie niet mogelijk,

aangezien het gebruik van (opgewerkte) afgewerkte olie als brandstof in Vlaanderen momenteel verboden is. De criteria die in deze studie zullen worden voorgesteld zullen vergeleken worden met voornamelijk bestaande productnormen en emissieregelgeving om aldus te bepalen wat de impact van het toepassen van end of waste criteria zal zijn.

3 Afgewerkte olie en de opwerking ervan tot brandstof

3.1 Inleiding

Het doel van deze studie is om end of waste criteria voor te stellen voor afgewerkte olie.

Onder afgewerkte olie verstaan we smeerolie die ongeschikt geworden is voor het gebruik waarvoor hij oorspronkelijk bestemd was. In § 3.3 wordt dieper ingegaan op de afbakening van afgewerkte olie.

In § 3.2 wordt het productieproces van aardolieproducten beschreven. In § 3.3 wordt beschreven wat we onder afgewerkte olie verstaan. Vervolgens wordt in § 3.4 respectievelijk de kwaliteit van nieuwe (virgin) smeerolie en van afgewerkte olie beschreven. Op basis van deze gegevens kan al een eerste opsomming gemaakt worden van verontreinigingen en componenten die niet in nieuwe smeerolie zitten maar wel in afgewerkte olie aanwezig kunnen zijn, en die impact op milieu of op de menselijke gezondheid kunnen hebben.

Vervolgens wordt in § 3.5 nagegaan hoe de afgewerkte olie kan opgewerkt worden tot een brandstof, en wat de kwaliteit en samenstelling is van de brandstof.

Er zijn 3 belangrijke opwerkingsroutes voor afgewerkte olie¹:

- kalking tot een opgewerkte afgewerkte olie die als brandstof gebruikt kan worden;
- herdestillatie tot een opgewerkte afgewerkte olie die als basisolie of brandstof ingezet kan worden;
- een combinatie van een kalking en destillatie tot een opgewerkte afgewerkte olie die als brandstof gebruikt kan worden.

In voorliggend rapport ligt de focus op de opwerking van afgewerkte olie tot een brandstof die ingezet kan worden in de scheepvaart en glastuinbouw. In wat volgt wordt een procesbeschrijving gegeven van twee van de voornoemde verwerkingsopties, namelijk de herdestillatie en de combinatie kalking met destillatie.

3.2 Van ruwe olie tot product

Ruwe aardolie wordt door middel van raffinage in verschillende bruikbare fracties gescheiden. Een raffinaderij bestaat uit een opeenvolging van processen waarin deze verschillende fracties worden afgescheiden (scheiding). Vervolgens worden deze afgescheiden fracties ontdaan van onzuiverheden (zuivering) en eventueel tot andere fracties worden omgezet (conversie). Ten slotte worden de verschillende fracties gemengd tot bruikbare eindproducten (menging - blending).

Figuur 1 geeft een overzicht van de belangrijkste productie-eenheden die op een raffinaderij aanwezig kunnen zijn, en de producten die per productie-eenheid worden afgescheiden of geproduceerd. De linkerkolom geeft de verschillende productie-eenheden. De bovenste rij somt de verschillende eindproducten op en geeft bovendien de koolstofketenlengte ($C_x - C_y$) van de respectievelijke producten. De gearceerde vakken geven de producten per productie-eenheid aan.

¹ zie ook BREF Waste Treatment

Figuur 1 : overzicht van de belangrijkste producten die geproduceerd worden in de verschillende onderdelen van een raffinaderij

PRODUCTS → REFINERY UNITS ↓	Section	LPG	Gasoline	Kero/ naphtha	Heating oil/diesel	HFO	Base Oil	Coke/ bitumen	Special
Carbon n° range		C ₃ -C ₄	C ₄ -C ₁₂	C ₈ -C ₁₇	C ₈ -C ₂₅	>C ₈	>C ₁₅	>C ₃₀	
Alkylation	2								
Base Oil production	3								wax
Bitumen production	4								
Catalytic cracker	5								
Residue cracking	5								
Catalytic reforming	6								H ₂
Delayed coking	7								
Flexicoker	7								low joule gas
Gasification	10								syngas
Etherification	11								MTBE
Gas separation processes	12								Refinery fuel gas
Hydrogen plant	14								H ₂
Residue Hydroconversion	14								H ₂
Hydrocracker	15								
Hydrodesulphurisation	15								
Isomerisation	17								
Crude atmospheric distillation	19								
Vacuum distillation	19								
Thermal cracking/Visbreaking	22								
Sulphur recovery unit	23								S

Tijdens de scheiding (meestal een destillatie) worden de lichte fracties (destillaten) van de zwaardere fracties (residu's) gescheiden. Onder deze destillaten vinden we ondermeer gasolie, maar ook basisolie terug. Naar destillaten die gebruikt worden als brandstoffen wordt ook gerefereerd als fuel oil. Men spreekt over fuel oil wanneer men refereert naar de brandstoffen die destilleren na LPG en benzine. Binnen de categorie fuel oil wordt bijkomend onderscheid gemaakt tussen volgende categorieën:

- nr 1 (kerosine),
- nr 1-D (light dieselolie)
- nr 2 (gasolie, huisbrandolie, dieselolie, ...),
- nr 2-D (medium dieselolie) en
- nr 4 (marine diesel) fuel oil.

De fracties die overblijven na destillatie worden residu's genoemd. Deze residu's worden ondermeer gebruikt in de scheepvaart of de glastuinbouw als brandstof. Er wordt ook naar gerefereerd als zijnde nr 5 en nr 6 fuel oil, respectievelijk residual fuel oil en heavy fuel oil. Het is een 'goedkope' brandstof in vergelijking met de gedestilleerde fracties. Ze bevatten vaak hogere gehalten zwavel en stikstof (US EPA, 2003a). Deze residu brandstoffen kunnen rechtstreeks geproduceerd worden tijdens het destillatieproces, of ze kunnen samengesteld worden uit een complex proces waarbij verschillende aardolieproducten worden geselecteerd en geblend

(gemengd) om aan de vereiste specificaties te voldoen. Deze brandstoffen kenmerken zich door de aanwezigheid van koolwaterstoffen met een hoog moleculair gewicht en een zeer hoge viscositeit bij omgevingstemperatuur. Deze brandstoffen zijn niet of amper vloeibaar bij normale omgevingstemperaturen en moeten voorverwarmd worden om ze vloeibaar te maken alvorens ze verbrand kunnen worden.

Afhankelijk van de herkomst van de ruwe olie kan het zwavelgehalte en het gehalte aan zware metalen sterk verschillen. Het zwavelgehalte kan variëren van 0,004 tot 5 %. De aanwezige zwavel verdeelt zich over verschillende fracties die tijdens de raffinage worden gevormd, en kan indien gewenst of nodig uit de geproduceerde fracties verwijderd worden (via een zuiveringsstap). Bij de zware metalen zijn vanadium (V) en nikkel (Ni) van nature het meest aanwezig. V kan in de ruwe olie aanwezig zijn in concentraties tot 1500 ppm. De gehalten aan zware metalen in de residufractie (residual fuel) die overblijft na destillatie kan oplopen tot 4 à 5 maal de gehalten die in de ruwe aardolie aanwezig zijn (BREF Refineries, 2003). Ook in de gevormde destillaten kunnen nog zware metalen aanwezig zijn, zij het in beperkte concentraties. Indien gewenst en nodig kunnen de aanwezige metalen verwijderd worden (BBT raffinaderijen, 2008)

Naast brandstoffen wordt op basis van ruwe olie ook basisolie geproduceerd, zoals eerder vermeld. Deze basisolie wordt gebruikt om smeerolie te produceren. Hiertoe worden verschillende additieven aan de basisolie toegevoegd om tot de gewenste eigenschappen te komen.

3.3 Wat is afgewerkte olie?

In richtlijn 2008/98/EG wordt afgewerkte olie als volgt omschreven: alle soorten smeer- of industriële olie, op minerale basis, die ongeschikt zijn geworden voor het gebruik waarvoor zij oorspronkelijk waren bestemd, in het bijzonder afgewerkte olie van verbrandingsmotoren en transmissiesystemen, alsmede minerale olie voor machines, turbines en hydraulische systemen.

In deze definitie worden synthetische afvaloliën, brandstofresten, met olie vervuilde gronden en balast waters uitgesloten.

In het VLAREA wordt onder olie alle soorten smeerolie of industriële olie, op minerale of synthetische basis, in het bijzonder olie voor verbrandingsmotoren, transmissiesystemen, evenals olie voor machines, turbines, warmteoverdracht en hydraulische systemen met uitzondering van PCB-oliën verstaan. Deze definitie is ruimer dan de definitie gebruikt in richtlijn 2008/98/EG.

In de milieubeleidsovereenkomst (MBO) voor afgewerkte olie ten slotte wordt een overzicht gegeven van de oliën waarop deze overeenkomst van toepassing is. De lijst van afvaloliën die onder de MBO afgewerkte olie vallen is gebaseerd op de eural-afvalstoffen lijst. Onderstaande lijst geeft een overzicht van de afvaloliën die onder de genoemde MBO vallen, met vermelding van de EURAL-code :

08 03 19* Dispersieolie.

12 01 06* Halogeenhoudende minerale machineolie (exclusief emulsies en oplossingen).

12 01 07* Halogeenvrije minerale machineolie (exclusief emulsies en oplossingen).

12 01 08* Halogeenhoudende emulsies en oplossingen voor machinale bewerking.

12 01 09* Halogeenvrije emulsies en oplossingen voor machinale bewerking.

12 01 10* Synthetische machineolie.
 12 01 19* Biologisch gemakkelijk afbreekbare machineolie.
 13 01 04* Gechloreerde emulsies.
 13 01 05* Niet-gechloreerde emulsies.
 13 01 09* Gechloreerde minerale hydraulische olie.
 13 01 10* Niet-gechloreerde minerale hydraulische olie.
 13 01 11* Synthetische hydraulische olie.
 13 01 12* Biologisch gemakkelijk afbreekbare hydraulische olie.
 13 01 13* Overige hydraulische olie.
 13 02 04* Gechloreerde minerale motor-, transmissie- en smeeroilie.
 13 02 05* Niet gechloreerde minerale motor-, transmissie- en smeeroilie.
 13 02 06* Synthetische motor-, transmissie- en smeeroilie.
 13 02 07* Biologisch gemakkelijk afbreekbare motor-, transmissie- en smeeroilie.
 13 02 08* Overige motor-, transmissie- en smeeroilie.
 13 03 06* Niet onder 13 03 01 vallende gechloreerde minerale olie voor isolatie en warmteoverdracht.
 13 03 07* Niet-gechloreerde minerale olie voor isolatie en warmteoverdracht.
 13 03 08* Synthetische olie voor isolatie en warmteoverdracht.
 13 03 09* Biologisch gemakkelijk afbreekbare olie voor isolatie en warmteoverdracht.
 13 03 10* Overige olie voor isolatie en warmteoverdracht.
 13 08 02* Overige emulsies.
 13 08 99* Niet elders genoemd olieafval.
 20 01 26* Niet onder 20 01 25 vallende oliën en vetten.

Zowel minerale-, synthetische-, als halfsynthetische olie worden in beschouwing genomen.

Volgende afgewerkte oliën zijn niet opgenomen in deze lijst, en vallen bijgevolg niet onder de milieubeleidsvereenkomst :

frituurolie en frituurvetten of op andere voedingsoliën;
 polychloorbifenylen (PCB's) en polychloortrifenylen (PCT's), oplosmiddelen, schoonmaakproducten, reinigingsmiddelen, antivries, remvloeistoffen, hydraulische vloeistoffen op basis van water en/of glycol, andere brandstoffen of niet elders genoemd olieafval;
 olie uit olie/waterscheiders, bilge olie, olie afkomstig van tankreiniging, olie van de zeescheepvaart.

In Nederland wordt een andere indeling gebruikt voor afgewerkte olie. Afgewerkte olie wordt in 4 verschillende categorieën ingedeeld. In wat volgt wordt een overzicht gegeven van de samenstellingseisen voor deze vier verschillende categorieën.

Afgewerkte olie behoort tot categorie I, indien:

- de olie een minerale basis heeft,
- het gehalte aan polychloorbifenylen kleiner is dan of gelijk is aan 0,5 mg/kg per congeneer 28, 52, 101, 118, 138, 153 of 180,
- het gehalte aan organische halogeenverbindingen, berekend als chloor kleiner is dan of gelijk is aan 1000 mg/kg,
- het vlamptpunt groter is dan of gelijk is aan 55 °C, en
- de olie na het gebruik waarvoor zij oorspronkelijk was bestemd, niet vermengd is met andere stoffen dan uitsluitend – al dan niet met water of sediment verontreinigde – lichte of zware stookolie, gasolie of dieselolie.

Afgewerkte olie behoort tot categorie II, indien:

- het gehalte aan polychloorbifenylen kleiner is dan of gelijk is aan 0,5 mg/kg per congeneer 28, 52, 101, 118, 138, 153 of 180,
- het gehalte aan organische halogeenverbindingen, berekend als chloor, kleiner is dan of gelijk is aan 1000 mg/kg,
- het vlampunt groter is dan of gelijk is aan 55 °C, en
- de olie na bewerking als brandstof dan wel als component ter vervaardiging van een brandstof kan worden aangewend.

Afgewerkte olie behoort tot de categorie III (halogeenhoudende afgewerkte olie) indien:

- het gehalte aan polychloorbifenylen kleiner is dan of gelijk is aan 0,5 mg/kg per congeneer 28, 52, 101, 118, 138, 153 of 180;
- en het gehalte aan organische halogeenverbindingen, berekend als chloor groter is dan 1000 mg/kg.
- Daarnaast kan halogeenhoudende afgewerkte olie verontreinigingen bevatten zoals PAK's, zware metalen en chemicaliën.

Afgewerkte olie behoort tot categorie IV, indien:

- het gehalte aan polychloorbifenylen groter is dan 0,5 mg/kg per congeneer 28, 52, 101, 118, 138, 153 of 180.

3.4 Samenstelling en productie afgewerkte olie

3.4.1 Samenstelling

De samenstelling van smeerolie is afhankelijk van de toepassing waarvoor deze olie gebruikt wordt. Meestal echter bestaan smeermiddelen uit een basisolie waaraan additieven zijn toegevoegd. De basisolie wordt gewonnen uit petroleum (minerale olie) of bestaat uit gesynthetiseerde componenten (synthetische basisolie). Aan minerale en aan synthetische basisolie worden dezelfde additieven toegevoegd. De aard en de hoeveelheid van deze additieven is sterk afhankelijk van de kwaliteit van de basisolie en de beoogde toepassing van de smeerolie.

Smeeroliën kunnen gebaseerd zijn op minerale of synthetische basisolie maar bestaan vaak uit een combinatie van beide.

Afval van dit type olie bestaat hoofdzakelijk uit gebruikte olie. Tijdens het gebruik "veroudert" de olie. Deze veroudering is het gevolg van chemische en fysische veranderingen die zich voordoen ten gevolge van de oxidatie en polymerisatie van bepaalde componenten enerzijds en "externe" omstandigheden anderzijds. Door oxidatie worden carbonzuren gevormd. Door polymerisatie worden componenten gevormd met een hoger moleculair gewicht die onoplosbaar zijn in de smeerolie (organic sludge). Onder "externe" omstandigheden wordt de vervuiling van smeerolie met stof, metaaldeeltjes, brandstof en water verstaan.

Figuur 2 geeft een overzicht van mogelijke polluenten (linkse kolom), met de ranges waarin ze kunnen voorkomen (tweede kolom van links) in afgewerkte smeerolie. De volgende kolommen (kolom 3 tem. 9) geven de additieven aan die kunnen worden toegevoegd aan basisolie om bepaalde gewenste eigenschappen te bekomen. Per polluent/additief-combinatie geven de kolommen weer of een bepaald additief al dan niet bijdraagt aan de aanwezigheid van een polluent in afgewerkte olie. De laatste kolom geeft tenslotte een overzicht welke polluenten door het gebruik van smeerolie in een motor in de smeerolie terecht kunnen

komen. Omwille van deze additieven en door het gebruik van de smeeroilie in een motor kan afgewerkte smeeroilie dus aanzienlijke concentraties zware metalen bevatten. (zie ook verder, § 3.4)

Figuur 2 : overzicht van de samenstelling van afgewerkte smeeroilie en de herkomst van de contaminanten

polluent	ppm	vet	anti-oxidant ¹	detergent ²	dispersant ³	anti slijtage	viscositeitsindex-verbeteraar	anti-roest/anti-corrosie	extern
Al	5 - 30	x							x
B	75 - 100		x		x	x	x		x
Ca	2000 - 3000	x	x	x					x
Cl	300 - 600					x			
Cu	25 - 40		x			x			x
Mg	100 - 300			x					x
N	700 - 900		x		x				
Na	50 - 100	x						x	x
P	800 - 1200		x			x		x	x
Pb	50	x							x
S (%)	0,7 - 0,9		x	x		x			
Si	30 - 120								x
Zn	1000 - 1200		x			x		x	
Mo	5 - 20					x			

1 is een chemische component of stof die oxidatie voorkomt.

2 voorkomt de afzet op de wanden van de motoren bij hoge temperaturen en houdt het verdeelnetwerk van de smeeroilie zuiver.

3 houdt de vervuiling in de smeeroilie die gevoelig zijn voor afzet in het verdeelnetwerk van de smeeroilie in suspensie

Tabel 1 geeft een overzicht (minimum en maximum concentratie per parameter) van de mogelijke samenstelling van afgewerkte olie. (Een volledig overzicht van deze gegevens wordt weergegeven in Bijlage A.) Uit de tabel blijkt dat er een zeer grote spreiding kan liggen op de gehalten aan zware metalen in afgewerkte olie. Voor bepaalde polluenten kan het gehalte oplopen tot enkele tienden van een procent. Dit is het geval voor de elementen Al, Ba, Ca, Fe, Mg en Zn. Voor lood (Pb) kan het gehalte zelfs oplopen tot 2%. Deze hoge concentratie is waarschijnlijk te wijten aan de aanwezigheid van lood in benzine, toen dit nog was toegestaan. In afgewerkte motorolie die vandaag de dag wordt ingezameld, ligt het gehalte Pb aanzienlijk lager (<50 ppm).

Wat opvalt in de tabel is dat er geen waarden worden gegeven voor Hg. De reden hiervoor is dat tot voor kort geen betrouwbare methode was om het Hg-gehalte in olie-matrixen te bepalen.

Daarnaast zien we in de tabel nog een opvallende maximum waarde voor het zwavelgehalte. Het gerapporteerde zwavelgehalte is zeer hoog, en berust waarschijnlijk op een meet of typefout. Dit kan echter niet geverifieerd worden op basis van het basisdocument waaruit dit gegeven komt.

Uit de tabel blijkt eveneens dat er ook voor de overige polluenten een zeer grote spreiding kan zijn. In onderstaande tabel werden de extreme maxima tussen haken gezet. Deze waarden worden in wat volgt niet meer in beschouwing genomen. Voor de polluenten waarvoor dit van toepassing is werd de eerst volgende maximale waarde opgenomen in de tabel.

<i>parameter</i>	<i>eenheid</i>	<i>Afgewerkte olie</i>	
		<i>minimum</i>	<i>Maximum</i>
Al	<i>ppm</i>	0,50	45 (758)
As	<i>ppm</i>	0,12	17
Ba	<i>ppm</i>	1	480 (3906)
Ca	<i>ppm</i>	0,02	3000
Cd	<i>ppm</i>	0,10	5
Co	<i>ppm</i>	0,25	15
Cu	<i>ppm</i>	6	117 (280)
Cr	<i>ppm</i>	1	28
Fe	<i>ppm</i>	41	655 (2401)
Mg	<i>ppm</i>	8	1600
Mo	<i>ppm</i>	4,90	20
Mn	<i>ppm</i>	3	50
Ni	<i>ppm</i>	0,60	20
Pb	<i>ppm</i>	2,90	21676
Si	<i>ppm</i>	30	120
Sn	<i>ppm</i>	1,10	5,80
V	<i>ppm</i>	1	35
Zn	<i>ppm</i>	0,65	1787
watergehalte	<i>gew%</i>	0,17	4,3
sediment gehalte	<i>gew%</i>	0,08	1,27
zwavelgehalte	<i>gew%</i>	0,17	1,2 (40,44)
chloor	<i>gew%</i>	0,018	1,03
som halogenen	<i>ppm</i>	0,018	500
fosfor	<i>ppm</i>	81	1550 (32.277)
lichte KWS	<i>gew%</i>	10	10
PAK's	<i>ppm</i>	300	1000
PCB's/PCT's	<i>ppm</i>	0,045	2,5
solventen	<i>gew%</i>	0,26	4

Tabel 1: **beknopt** overzicht samenstellingen afgewerkte olie (volledige tabel in bijlage A)

3.4.2 Ingezamelde hoeveelheid

In het kader van de milieubeleidsovereenkomst die van kracht is voor afgewerkte olie rapporteert het beheersorganisme Valorlub jaarlijks ondermeer de ingezamelde hoeveelheid afgewerkte olie. In Vlaanderen werd in 2008 29,43 kton afgewerkte olie ingezameld. We willen benadrukken dat 2008 het eerste werkjaar van Valorlub was. Hierdoor kan het zijn de ingezamelde hoeveelheid nog zal toenemen de komende jaren.

De door Valorlub ingezamelde afgewerkte olie wordt afgevoerd voor verwerking naar verschillende installaties in Vlaanderen, Wallonië, Nederland en Duitsland. In deze verschillende installaties wordt de afgewerkte olie, afhankelijk van de input en het proces, verwerkt tot brandstof en/of basisolie, meeverbrand of gebruikt als steunbrandstof.

3.5 Opwerkingsprocessen voor afgewerkte olie

Voor de verwerking van afgewerkte olie kunnen typisch twee verwerkingsopties onderscheiden worden. De eerste optie is het kraken van afgewerkte olie tot een product dat gebruikt kan worden als een brandstof. Deze verwerking bestaat uit ondermeer het reinigen, kraken en destillatie van afgewerkte olie. De andere mogelijkheid voor het verwerken van afgewerkte olie is de herraffinage tot basisolie (die gebruikt kan worden om smeerolie te produceren) of tot brandstof. Beide technieken worden vermeld in de BREF Waste treatment (BREF, 2005).

In de volgende paragrafen wordt voor beide types van verwerking 1 installatie besproken. Voor het kraken van afgewerkte olie tot brandstof staat de verwerkingsinstallatie van WOS in Hautrage model. Voor het opwerken tot basisolie is dit de (nieuwe¹) installatie van North Refinery (in Delfzijl, NL). Er werd geopteerd voor deze twee types van installaties omdat ze twee verschillende types van opwerking vertegenwoordigen die op basis van afgewerkte olie een brandstof kunnen produceren.

3.5.1 Kraking tot brandstof (WOS, Hautrage)

3.5.1.1 Input in de installatie

Afgewerkte olie afkomstig van :

- Garages (smeerolie);
- Industrie (boor- en slijpolie, hydraulische olie)

De installatie van WOS is vergund om naast de verschillende types afgewerkte olie die onder de MBO vallen, ook nog andere fracties te ontvangen en verwerken namelijk: 13.04 (bilge olie), 13.05.06* (olie uit olie/waterscheiders) 13.05.07* (met olie verontreinigd water uit olie/waterscheiders) en 13.07 (afval van vloeibare brandstoffen).

3.5.1.2 Beschrijving installatie

In het proces bij WOS Hautrage wordt de afgewerkte olie verwerkt door thermische kraking. Het proces omvat achtereenvolgens een filtratie, een ontwatering, een thermische kraking, een destillatie en een stabilisatie.

Ontvangst en filtratie

Bij de installatie van WOS in Hautrage wordt een streng acceptatiebeleid gevoerd. Alvorens de afgewerkte olie mag gelost worden in de opslagtanks, wordt de olie gecontroleerd op volgende parameters:

- vlampunt,
- chloorgehalte,
- zwavelgehalte,
- PCB-gehalte,
- Watergehalte,
- Gehalte aan Cd, Cu, Cr, Ni, Pb en V,
- TAN,
- MCR.

¹ in gebruik genomen in 2009

Deze controle moet enerzijds voorkomen dat er afvalstoffen naar de installatie worden gevoerd die er niet thuis horen (zoals PCB-houdende olie). Anderzijds heeft dit tot doel dat de uitbater van de installatie weet welke vervuilingen in de olie aanwezig zijn, zodat het verwerkingsproces kan worden afgestemd op de afgewerkte olie die in de installatie gaat. Nadat de analyseresultaten gekend zijn, en de afgewerkte olie geschikt is bevonden voor verwerking in de installatie, wordt de afgewerkte olie in ontvangst genomen. Indien de afgewerkte olie niet geschikt wordt bevonden voor verwerking in de installatie, wordt de afgewerkte olie alsnog in ontvangst genomen en wordt deze afgewerkte olie vervolgens afgevoerd naar de meest geschikte vergunde verwerker.

Na ontvangst van de olie geschikt voor verwerking in de installatie wordt de olie opgeslagen in twee opslagtanks, met elk een inhoud van 1.000 m³. Van hieruit wordt telkens een batch van 250 m³ overgebracht naar de voedingstank van de installatie. Vervolgens volgt de eerste effectieve stap van het verwerkingsproces: de filtratie. Hiertoe wordt de olie opgewarmd tot 90°C door circulatie van de olie over een warmtewisselaar. Vervolgens wordt het sediment afgescheiden en via een schroef verwijderd. De gassen die ontstaan tijdens deze stap worden via een actief koolfilter afgevoerd.

Ontwatering

De olie wordt nogmaals gefilterd en vervolgens naar de *ontwatering* gestuurd. De ontwatering gebeurt door recirculatie van de olie over een warmtewisselaar met reeds ontwaterde olie. De temperatuur van de te ontwateren olie bedraagt 160 – 170°C. Het watergehalte wordt gereduceerd tot minder dan 0,5%.

Tijdens deze processtap worden ook vluchtige bestanddelen verwijderd. Het water en de vluchtige bestanddelen verlaten de ontwateringstank bovenaan via een overdrukventiel. Ze worden gecondenseerd alvorens ze worden gescheiden op dichtheid met behulp van een 'vloeistof/vloeistof' scheider (florentin decanter). De vluchtige bestanddelen (= de naftafractie) wordt via een buffervat ofwel afgevoerd naar een opslagvat ofwel wordt deze intern verbrand in de oven. Het gecondenseerde water wordt afgevoerd naar een buffervat. Hier kan de nog aanwezige nafta worden afgescheiden via een overloop die wordt teruggevoerd naar de ontwatering.

De niet condenseerbare gassen (ook procesgassen genoemd) worden naar de brander/oven afgevoerd. De eventueel aanwezige druppels worden vooraf nog afgescheiden.

Kraking

De ontwaterde olie wordt vervolgens naar het buffervat van de *kraking* gevoerd. Deze olie wordt gemengd met olie die zich reeds in het krakercircuit bevindt. De temperatuur van de olie wordt tot 420°C gebracht. Bij deze temperatuur wordt de olie gekraakt. Langere koolstofketens worden "doorgeknip" tot kortere ketens waardoor het moleculegewicht afneemt en de viscositeit gereduceerd wordt. De in de afgewerkte olie aanwezige zware metalen komen in de zwaarste fractie terecht.

De lichte fractie (gasolie, nafta en gassen) verlaat de kraker langs de bovenzijde en wordt door een waskolom gestuurd waar deze condenseerbare fractie condenseert. Onzuivere fracties gasolie worden teruggevoerd naar de waskolom.

De niet condenseerbare gassen passeren op hun beurt eveneens een waskolom om te voorkomen dat gasolie wordt meegenomen in de gassen. De gezuiverde naftafractie wordt bijgevoegd aan de buffertank voor nafta uit de ontwateringstap of toegevoegd aan de opslagtanks.

De vaste fractie (cokes) wordt mechanisch uit het krakercircuit verwijderd. De zware fractie wordt met een volumetrische pomp afgevoerd via een warmtewisselaar naar een opslagtank van 60m³.

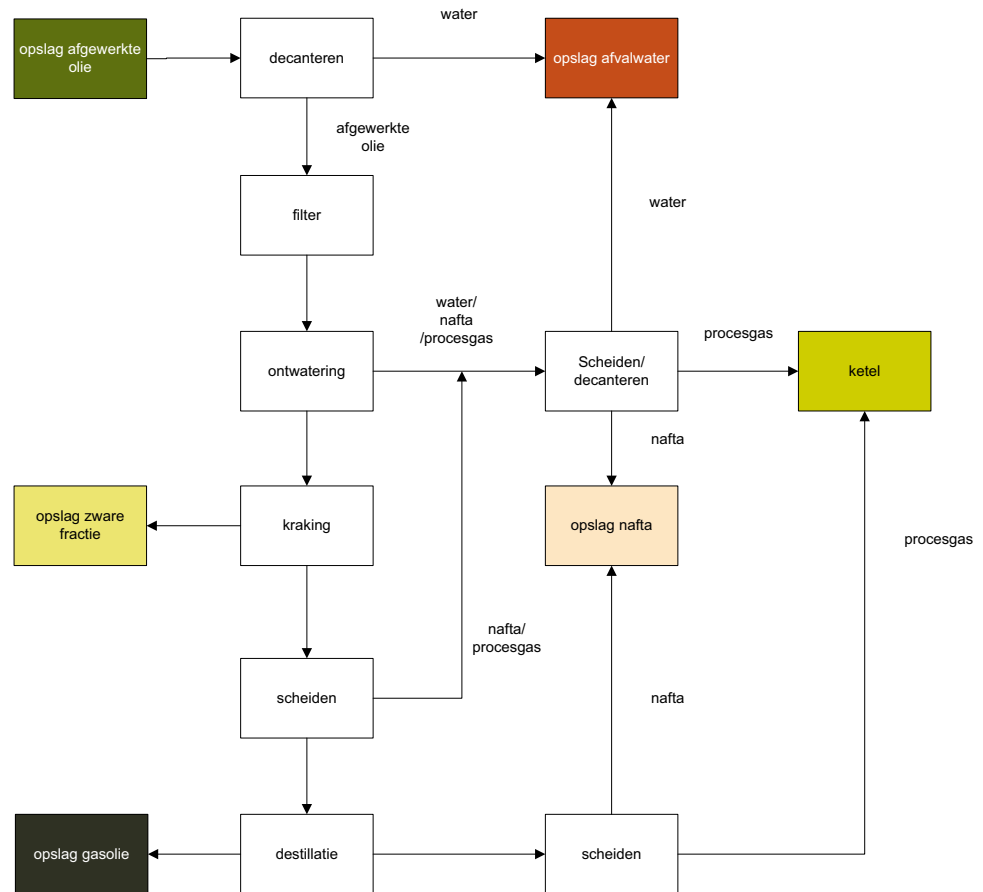
Destillatie

De ongereinigde gasolie wordt naar het buffervat van de *destillatie* gevoerd. Hierdoor wordt een constante voeding van de destillatiekolom voorzien teneinde een goede werking te kunnen garanderen. De nog aanwezige nafta in de gasolie verdampt en wordt samen met onderaan de kolom geïnjecteerde stoom afgevoerd bovenaan de kolom. Deze afgevoerde mengeling condenseert gedeeltelijk en blijft in de kolom. Het overige gedeelte wordt gecondenseerd in een luchtcondensator. De naftafractie wordt van de waterfractie gescheiden door middel van een vloeistof/vloeistof scheider. Het afgescheiden water wordt overgebracht naar een waterreservoir van de dehydratatie. Een deel van de naftafractie wordt teruggevoerd als reflux naar de destillatiekolom, het overige deel wordt afgevoerd naar het naftareservoir van de dehydratatie.

De niet condenseerbare fractie wordt bovenaan de vloeistof/vloeistof scheider afgevoerd.

De gereinigde gasolie fractie wordt onderaan de kolom afgevoerd en gemengd met een stabilisator en vervolgens naar een tijdelijke opslagtank gevoerd. Na analyse wordt deze fractie naar een finale opslagtank gevoerd.

Figuur 3 : schematisch overzicht verwerkingsinstallatie WOS Hautrage



3.5.1.3 Output van de installatie en toepassing

Tijdens de verwerking van afgewerkte olie in de installatie van WOS Hautrage worden verschillende fracties gevormd, namelijk :

- gasvormige fractie (proces gas)
- nafta fractie
- gasolie fractie
- zware fractie
- water.

De gasvormige en naftafractie (ketenlengte < C12) worden in de installatie intern gebruikt als brandstof.

De gasoliefractie is het belangrijkste eindproduct van het kraakproces en wordt Olea 2000 genoemd (ketenlengte: C12 – C20).

Tabel 2 vat de belangrijkste specificaties van Olea 2000 samen.

Eigenschap	Methode	Eenheid	
dichtheid	EN ISO 3675	kg/m ³	830 < x < 870
Viscositeit (40°C)	EN ISO 3405	mm ² /s	< 5
Zwavel	EN ISO 8754	Gew%	< 0,4
vervuiling	EN 12662	Gew%	< 0,1
As	EN ISO 6245	Gew%	< 0,05
Flash Point	EN 22719	°C	> 55
TAN (Total acid number)	D 974	mg KOH	< 4
Koolstofresidu, op 10% distillatieresidu	EN ISO 10370	Gew%	< 1
Proef met het koperplaatje	EN ISO 2160		max klasse 1
Water	EN ISO 10336	vol%	< 0,1
Calorische waarde		MJ/kg	>44,38
Fractie die destilleert bij atmosferische druk bij 250 °C 350 °C		Gew% Gew%	< 30 >60

Tabel 2: specificaties gasolie WOS Hautrage (OLEA 2000)

Op basis van door WOS beschikbare gestelde meetresultaten van metaalgehalten in de input (afgewerkte olie) en de output (Olea 2000), kan voor deze metalen een distributiecoëfficiënt berekend worden. Deze coëfficiënt geeft de verhouding tussen output en de input weer. Tabel 3 vat deze distributiecoëfficiënten samen.

Metaal	Distributiecoëfficiënt (in %)
Cr	<3,1 – 4,7
Cu	<2,4 - 14,9
Ni	< 5,7 - 9,0
Pb	<4,3
V	<16,7

Tabel 3 : Distributiecoëfficiënten zware metalen WOS Hautrage

Uit de achtergronddata en Tabel 3 blijkt dat:

- de inputstroom geen cadmium en zeer weinig vanadium bevat, maar wel significante concentraties aan chroom, koper, nikkel en lood kan bevatten;
- voor chroom, koper en nikkel de hoogste inputwaarde telkens een outputwaarde boven de bepalingsgrens oplevert, en dat op basis daarvan distributiecoëfficiënten van respectievelijk 4,7%, 14,9% en 9,0% berekend kunnen worden;
- voor lood kan afgeleid worden dat de distributiecoëfficiënt kleiner is dan 4,3%.

Deze gegevens bevestigen ook dat het grootste deel van de zware metalen die aanwezig zijn in de input (afgewerkte olie) zich zullen opconcentreren in het residu

van het krakingsproces en dat de Olea-fractie slechts een beperkte hoeveelheid van de input aan zware metalen bevat of zal bevatten.

De achtergronddata, waarop het voorgaande is gebaseerd, werden door WOS aan VITO ter beschikking gesteld voor het opmaken van deze studie. Echter, omwille van de vertrouwelijkheid van deze data worden deze niet opgenomen in dit rapport.

3.5.2 Herraffinage tot brandstof (North Refinery, Delfzijl, NL)

3.5.2.1 Input in de installatie

Afgewerkte (motor-/smeer)olie, categorie III (zoals van kracht in Nederland, zie ook §3.3)

3.5.2.2 Beschrijving installatie

Tijdens het in ontvangst nemen van de afgewerkte olie wordt ze geanalyseerd op enkele cruciale parameters. Deze analyse zorgt ervoor dat de uitbater weet welke polluenten aanwezig zijn in de afgewerkte olie. Op basis van deze analyse kan de uitbater eveneens bepalen of er een basisolie geproduceerd kan worden op basis van de geleverde afgewerkte olie dan wel een brandstof. Afvalstoffen die niet voldoen aan de voorwaarden voor verwerking in de installatie worden evenwel in ontvangst genomen, maar worden afgevoerd naar een geschikte vergunde verwerker.

Tijdens de voorbehandeling worden de aangevoerde fracties gefilterd om de aanwezige vaste fracties te verwijderen. Om de sedimentfractie te verwijderen wordt de olie gecentrifugeerd. De afgescheiden sedimentfractie wordt naar de thermische indamper gepompt waar ze wordt ontwaterd.

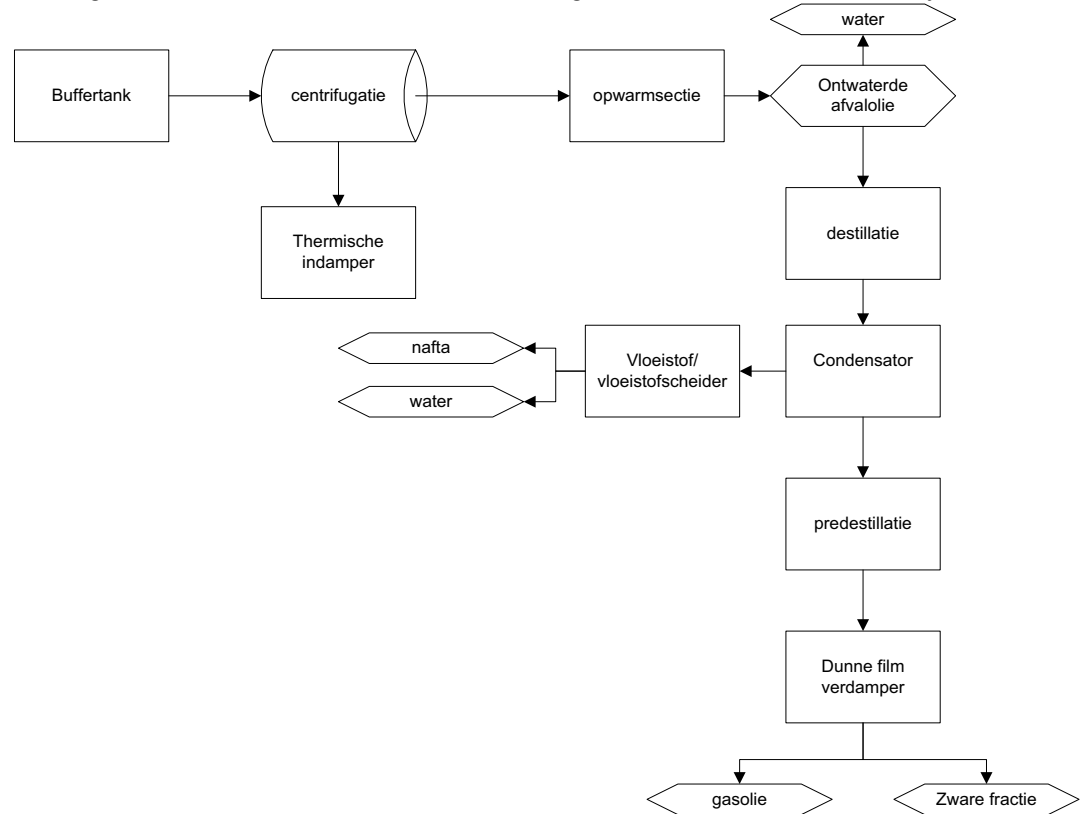
In de opwarmsectie wordt een deel van het water afgescheiden door bezinking van de afgewerkte olie.

Vervolgens wordt de lichte fractie (nafta en water) in de ontwateringsectie (atmosferische destillatie, 200 °C) afgescheiden. Na condensatie wordt dit mengsel verder gescheiden in een water en nafta fractie. De waterfractie wordt verder verwerkt in het olie/water systeem. De naftafractie wordt indien mogelijk ingezet als product. Indien dit niet mogelijk is wordt ze als afvalstof afgevoerd naar een vergunde verwerker.

In de volgende stap wordt de gasolie afgescheiden in de predestillatie stap (atmosferische destillatie, 250°).

De resterende fractie gaat ten slotte naar een dunne film verdamper (vacuüm, 350 °C). De temperatuur blijft net onder het kookpunt van de olie waardoor deze verdampt maar niet kraakt. De verdampte olie wordt vervolgens gecondenseerd. Afhankelijk van het type olie die als voeding gebruikt wordt (categorie I en II of categorie III) in de installatie wordt basisolie dan wel een brandstof geproduceerd. De resterende zware fractie (bitumen) wordt meeverbrand in asfaltplants.

Figuur 4 : schematisch overzicht verwerkingsinstallatie van North Refinery



3.5.2.3 Output van de installatie en toepassing

Tijdens de verwerking in de installatie van North Refinery worden verschillende fracties gevormd, namelijk:

- nafta fractie
- basisolie fractie/gasolie fractie
- zware fractie
- water.

De nafta fractie wordt, indien mogelijk, ingezet als product. Indien dit niet mogelijk is wordt ze afgevoerd naar een vergunde verwerker.

Tabel 4 vat de specificaties van de door North Refinery geproduceerde brandstof (gasoliefractie) samen.

Eigenschap	Methode	Eenheid	Min	Max	typisch
dichtheid	ASTM D4052	kg/m ³	700	990	880
Viscositeit (40°C)	ASTM D445	mm ² /s	<3	380	20
kleur	ASTM D1500		<4	8	6
Zwavel	ASTM D2622	Gew%	<0,6	1,5	0,8
Flash Point	ASTM D93	°C	> 55	280	100
Pour Point	ASTM D97	°C	-20	-4	-12
Uitzicht			c/yb	c/yb	c/yb
Geur			Normaal	Normaal	Normaal
EOX*	MC	mg/kg	<10	5000	<50
Water	ASTM D95	Gew%	0,2	0,5	0,3
PCB	GC	mg/kg	<0,5pc	< 0,5pc	<0,5pc
Calorische waarde		MJ/kg	38		41

*Voor afzet op de Nederlandse markt is de limiet 50 mg/kg. In de tabel staat als maximum de acceptatiegrens voor EOX.

Tabel 4 : specificaties gasolie (brandstof) geproduceerd door North Refinery

3.5.3 Besluit

Wanneer we beide types brandstoffen die geproduceerd worden in de beschouwde opwerkingsprocessen vergelijken, blijkt dat de brandstoffen kleine verschillen in karakteristieken vertonen. Zo blijkt uit de vergelijking dat de calorische waarde van de brandstof geproduceerd door WOS hoger is in vergelijking met de brandstof geproduceerd door North Refinery (44 MJ/kg versus 41 MJ/kg).

De specificaties voor de brandstof die door North Refinery wordt geproduceerd laat een grotere spreiding naar dichtheid en viscositeit toe in vergelijking met de brandstof geproduceerd door WOS. Bovendien liggen de typische waarden die door North Refinery worden opgegeven voor beide parameters aan de hoge kant vergeleken met deze van de brandstof geproduceerd door WOS,.

Ook het zwavelgehalte dat door beide verwerkers wordt opgegeven voor de geproduceerde brandstof is verschillend. Voor de brandstof van WOS wordt een zwavelgehalte < 0,4% opgegeven. Voor North Refinery bevindt dit gehalte zich tussen <0,6% en 1,5%, met een typisch gehalte van 0,8%. Deze gehalten worden gehaald zonder dat er specifieke maatregelen worden genomen om dit gehalte te verlagen. De uitbaters kunnen echter beslissen om bijkomende maatregelen te treffen ter verlaging van het S-gehalte in het eindproduct.

4 Brandstoffen in scheepvaart en glastuinbouw

De destillaatfractie (gasolie) die uit afgewerkte olie gemaakt wordt, kan ingezet worden als brandstof. Omwille van de aard en samenstelling van deze destillaatfractie ligt de focus op de inzet ervan in de glastuinbouw en scheepsmotoren. In de volgende paragrafen wordt daarom een overzicht gegeven van de samenstelling en de gebruikte hoeveelheden traditionele brandstoffen in deze sectoren, en de impact van het gebruik van de brandstoffen op het milieu (via emissies naar de lucht).

Op het einde van dit hoofdstuk wordt een vergelijking gemaakt tussen de kwaliteit van de traditionele brandstoffen en brandstof uit afgewerkte olie, waarbij de focus ligt op parameters en verontreinigingen die een milieu-impact kunnen veroorzaken.

4.1 Glastuinbouw

4.1.1 Samenstelling

In de glastuinbouw worden verschillende types van brandstoffen gebruikt. In het kader van dit onderzoek zijn vooral de brandstoffen 'gasolie voor verwarming' en 'residuele brandstoffen' (of zware stookolie) van belang. Voor beide types van brandstoffen zijn NBN normen van kracht. Het betreft respectievelijk de normen NBN T 52-716 en NBN T 52-717.

De specificaties in deze productnormen betreffen voornamelijk technische specificaties die moeten zorgen voor een goede werking van de stookinstallatie. Slechts een beperkt aantal specificaties betreffen samenstellingskarakteristieken die relevant zijn voor de milieu-impact veroorzaakt bij het gebruik van de brandstoffen, namelijk het zwavelgehalte en de gehalten aan vanadium en nikkel (zie ook 3.2).

De zware stookolie die in de glastuinbouw wordt gebruikt bevat maximum 1% S, de gasolie maximum 0,1% S. In het Vlaamse NEC-programma staat dat de Federale overheid zich ertoe engageert om zo snel mogelijk het zwavelgehalte van in België gebruikte zware stookolie te verlagen via productnormering of fiscale maatregelen. De gewesten en de federale overheid zullen in onderling overleg een beleid en de nodige instrumenten ontwikkelen. In overeenstemming met richtlijn 1999/32/EG (richtlijn ter beperking van het zwavelgehalte in scheepsbrandstoffen) moeten zij er met name voor zorgen dat geen zware stookolie met een zwavelgehalte van meer dan 0,6% wordt gebruikt en/of dat een hiermee corresponderende emissiereductie wordt gerealiseerd via emissiebeperkende maatregelen voor 2010. (BBT glastuinbouw, 2005)

Voor zover VITO kon nagaan, wordt einde 2009 nog geen invulling gegeven aan deze richtlijn. Het maximale zwavelgehalte voor zware stookolie bedraagt momenteel 1%.

Tabel 5 geeft een overzicht van de eigenschappen van vijf verschillende types zware stookolie die in de glastuinbouw gebruikt worden. Bovendien wordt een overzicht gegeven van de Belgische normen voor zware en zeer zware stookolie.

EIGENSCHAP	Belgische Norm ¹		Zware stookolie				
	Zware stookolie	Ze ^{er} zware stookolie	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E
Verbrandingswarmte, MJ/kg	Min 41,4	Min. 40,6	40,61	38,60	40,61	40,61	42,50
Massadichtheid bij 15°C, kg/m ³	Max. 990	Max. 1005	Max. 1005	993,6	993,6	1005	955
Asgehalte, % (m/m)	Max. 0,15	Max 0,15	Max. 0,15	0,018	0,018	0,15	0,02
Watergehalte, % (V/V)	Max. 0,8	Max. 1,0	Max. 1,0	5,7	<0,05	1	0,25
Sedimentgehalte, % (m/m)	Max. 0,1	Max. 0,2	Max. 0,2	0,01	0,01	0,2	0,04
Conradson-residu, % (m/m)	Max. 16	Max. 18	Max. 18	12	12	18	12,4
Zwavelgehalte, % (m/m)	Max. 1,00	Max. 1	Max. 1,0 (type A)	Max. 1,0 (type A)	Max. 1,0 (type A)	Max. 1,0 (type A)	Max. 1,0 (type A)
Vanadiumgehalte, mg/kg	Max. 350	Max. 400	Max. 400	25	25	150	25
nikkelgehalte, mg/kg	-	-	-	15	15	24	15
Vlampunt, °C	>55	> 65	65	75	75	65	81
Gehalte aan PCB EN PCT,mg/kg	Max. 10	Max. 10	Max. 10			1	max. 10
Kinematische viscositeit (u),mm ² /s							
Bij 50°C	25<u<106						
bij 100°		17<u< 40	17<u<40	28	28	17	28

(bron: www.devosenergie.be + NBN T-52-717)

Tabel 5 : overzicht producteigenschappen van verschillende soorten zware stookolie zoals gebruikt in de glastuinbouw

Tabel 6 geeft een overzicht van de Belgische norm die van kracht is voor gasolie die voor verwarming gebruikt wordt. Daarnaast worden ook de eigenschappen van twee types van gasolie die in de praktijk gebruikt worden voor verwarming in de glastuinbouw weergegeven.

Uit de vergelijking van de Belgische norm met de samenstellingsgegevens zoals die werden gevonden, blijkt dat niet (steeds) voldaan wordt aan de normwaarden Dit is zo voor het S-gehalte en het maximale gehalte verontreinigingen (waarbij we er van uit gaan dat zowel het gemelde as-gehalte als het sedimentgehalte als maatstaf gebruikt mogen worden voor het maximale gehalte verontreinigingen).

¹ NBN T-52-717 van augustus 2006 betreffende aardolieproducten – residuele brandstoffen - specificaties

EIGENSCHAP	Belgische norm ¹	Gasolie	
	Gasolie verwarming	Type A	Type B
Verbrandingswarmte MJ/kg	44,4	Min 44,4	45,1
Massadichtheid bij 15° C, kg/m³	830 – 870	830	867
Distillatie: gecondenseerd volume bij 250°C (vol%)	Max 65	Max 65	21
Distillatie: gecondenseerd volume bij 350°C (vol%)	Min 85	Min 85	86
Watergehalte (mg/kg)	Max 200	Max 500	500
Totaal gehalte aan verontreinigingen, mg/kg	Max 24		
Sedimentgehalte (%)	-	Max 0,05	-
Asgehalte % (m/m)	-	nvt.	<0,01
Conradsonresidu op het 10% destillatie-residu % (m/m)	Max 0,30	Max 0,10	< 0,30
Zwavelgehalte % (m/m)	Max 0,1 ²	Max 0,2	0,18
Proef met koperplaatje (3h bij 50°C)	Max 1	1	1
Vlampunt gesloten vat in °C	> 55	> 55	64
Temperatuurgrens voor de filtreerbaarheid (CFPP) in °C winter	Max -10	Max -6	- 12
Temperatuurgrens voor de filtreerbaarheid (CFPP) in °C zomer		Max -6	
Kinematische Viscositeit bij 20°C in mm²/sec	Max. 6	Max 5 (bij 40°C)	5

(bronnen: www.devosenergie.be en www.total.be)

Tabel 6 : overzicht producteigenschappen van gasolie voor verwarming zoals gebruikt in de glastuinbouw

4.1.2 Gebruikte hoeveelheid in Vlaanderen

In de Vlaamse glastuinbouw worden verschillende types brandstoffen gebruikt. In onderstaande tabel wordt het aandeel in het geheel van deze verschillende brandstoffen weergegeven (BBT glastuinbouw, 2005)

Type brandstof	Aandeel in 2000
Extra zware stookolie	47,8%
Lichte stookolie	14,8%
Aardgas	25,9%
Steenkool	4%
Overige (oa. Propaan, ...)	3,7%
Benzine	0,1%
Elektriciteit	3,7%
Som	100%

Tabel 7 : overzicht aandeel van verschillende brandstoffen in de glastuinbouw (BBT glastuinbouw, 2005)

Uit de tabel blijkt dat in het jaar 2000 nagenoeg de helft van de gebruikt brandstof in de glastuinbouw uit extra zware stookolie bestond. In de Energiebalans Vlaanderen (energiebalans, 2007) wordt jaarlijks een inschatting gemaakt van het energieverbruik voor ondermeer de tuinbouwsector

¹ NBN T 52-716, april 2004. Aardolieproducten – gasolie verwarming - specificaties

² Vanaf 1 januari 2008 mag het zwavelgehalte maximum 0,10% (m/m) bedragen (RL 1999/32/EG)

per energiedrager. Voor 2007 werd voor deze sector voor de gebruikte vloeibare fossiele brandstoffen volgende inschatting gemaakt.

<i>Type fossiele brandstof</i>	<i>kton</i>
Gasolie (42,75 MJ/kg)	53,8
Zware stookolie (41 MJ/kg)	126,83

Tabel 8 : overzicht van de hoeveelheid gebruikte vloeibare fossiele brandstoffen in de glastuinbouw (energiebalans, 2007)

Uit vergelijking van Tabel 7 en Tabel 8 blijkt dat het aandeel gasolie ten opzichte van zware stookolie in 2007 gestegen is ten opzichte van het jaar 2000. In 2000 bedroeg het aandeel gasolie ten opzichte van het aandeel extra zware stookolie 23,6%. In 2007 bedroeg dit aandeel 29,8%. Uit de gegevens blijkt eveneens dat er nog een aanzienlijke hoeveelheid zware stookolie gebruikt wordt ter verwarming van serres in de glastuinbouw.

4.1.3 Emissienormering

In de glastuinbouw worden zware stookolie en gasolie verbrand in stookinstallaties om aan de warmtevraag te voldoen. In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de voor deze installaties geldende emissienormering.

Voor installaties op vloeibare fossiele brandstoffen geldt de opgegeven emissienormering bij een zuurstofoverschot van 3%, en op de droge rookgassen.

Uit de tabel blijkt dat er emissiegrenswaarden bestaan voor de brandstofgerelateerde parameters zwavel, stof¹, nikkel en vanadium.

De andere emissiegrenswaarden (CO en NOx) zijn eerder (of op zijn minst deels) procesgerelateerd.

¹ de emissie van stof is enerzijds rechtstreeks gerelateerd aan het asgehalte en aan de hoeveelheid sediment in de brandstof, anderzijds is stofemissie sowieso ook deels afhankelijk van het concept en de bedrijfsvoering van de installatie

mg/Nm³, 3% O₂, droge rookgassen				
	< 2 MW	> 2 - 5 MW	5 - 20 MW	20 – 50 MW
BESTAANDE installatie				
SO ₂	1700	1700	1700	1700
NO _x	650	650	650	300 (1)
Stof	200	200	200	200
CO	250	250	250	250
nikkel	3	3	3	3
vanadium	5	5	5	5
NIEUWE installatie (1^{ste} vergunning tot exploitatie is verleend voor 1 januari 2005)				
SO ₂	170(2)	1700	1700	1700
NO _x	250 (3)	600	400	300
Stof	100	100	50	50
CO	175	175	175	175
nikkel	3	3	3	3
vanadium	5	5	5	5
NIEUWE installatie (1^{ste} vergunning tot exploitatie is verleend op of na 1 januari 2005)				
SO ₂	170	1700	1700	1700
NO _x	185	525	400	150
Stof	100	100	50	50
CO	175	175	175	175
nikkel	3	3	3	3
vanadium	5	5	5	5

(1) voor installaties met minder dan 100 bedrijfsuren per jaar wordt de emissiegrenswaarde voor NO_x vervangen door 650 mg/Nm³

(2) voor nieuwe inrichtingen waarvoor de eerste vergunning tot exploitatie is verleend voor 1 januari 1996 wordt de emissiegrenswaarde voor SO₂ vervangen door 1700 mg/Nm³

(3) voor nieuwe installaties waarvoor de eerste vergunning is verleend voor 1 januari 1996 wordt de emissiegrenswaarde voor NO_x vervangen door 450 mg/Nm³

Tabel 9 : overzicht emissiegrenswaarden voor stookinstallaties op vloeibare fossiele brandstoffen

4.1.4 Besluit

Uit de samenstellingskarakteristieken van de traditionele (vloeibare, fossiele) brandstoffen die in de glastuinbouw gebruikt worden, blijkt dat de focus voor het beperken van de milieu-impact bij het verbranden ervan gericht wordt op het S-gehalte. Bij zware stookolie wordt ook het V-gehalte genormeerd in de Belgische norm. Voor een aantal verschillende types van zware stookolie die beschikbaar zijn op de markt, wordt bovendien ook een maximaal Ni-gehalte weergegeven.

Uit de vergelijking van de gebruikte hoeveelheid vloeibare brandstof in de glastuinbouw met de totale hoeveelheid ingezamelde afgewerkte olie blijkt dat deze laatste ongeveer 1/6^{de} van de gebruikte hoeveelheid bedraagt.

De emissiegrenswaarden die van kracht zijn voor stookinstallaties die in de glastuinbouw in gebruik zijn, vermelden beperkingen voor de uitstoot van zowel SO_x als de zware metalen Ni en V. De speciale aandacht voor deze pollutanten, vindt uiteraard zijn oorsprong in de samenstelling van ruwe olie en de hieruit afgeleide producten, zoals besproken in § 3.2.

4.2 Scheepsbrandstof

4.2.1 Samenstelling

Op binnenvaartschepen wordt voornamelijk gasolie als brandstof gebruikt. Op basis van de (beperkte) beschikbare informatie hieromtrent blijkt deze gasolie gelijkaardig is aan de gasolie die gebruikt wordt op het land voor industriële stookinstallaties en stationaire motoren.

Voor de zeescheepvaart wordt een breed gamma aan brandstoffen gedefinieerd. Er wordt onderscheid gemaakt tussen enerzijds destillaten (D) en residu (R) brandstoffen. Soms wordt nog een derde type onderscheiden, de zogenoemde 'intermediaire brandstoffen'. Deze bestaan uit een mengsel van de twee eerste types. In de gebruikte afkortingen voor scheepsbrandstoffen wordt de letter (D of R) gevolgd door een M die staat voor "marine".

De destillatie brandstoffen zijn samengesteld uit de lichtere aardoliefractie van de ruwe olie die tijdens de raffinage worden afgescheiden. Er worden 4 types onderscheiden:

- DMX, is een licht destillaat met een laag flashpoint dat bedoeld is voor gebruik in noodaggregaten;
- DMA (ook MGO, marine gasolie), wordt vaak gebruikt als brandstof in sleepboten, vissersboten, passagiersschepen, boorplatformen en ferry's.
- DMB (ook MDO, marine dieselolie), wordt gebruikt op grotere schepen (categorie 2 en 3 motoren) zoals op zeeschepen (waar het vaak gebruikt wordt als blendmiddel). Het is toegestaan dat deze brandstof sporen van minder geraffineerde aardolie bevat;
- DMC, is een type van marine brandstof die residu brandstof bevat. Het is vaak een mengsel (blend) met residu brandstof.

De destillaten DMA en DMB komen sterk overeen met nr. 2 fuel oil (de dieselolie gebruikt door voertuigen op het land). Een studie van het US EPA (US EPA, 1999) uitgevoerd in 1999 kwam tot de conclusie dat 90% van de DMA en DMB destillaten origineel werden geproduceerd om te gebruiken als nr. 2 dieselolie met hoog S-gehalte. Het destillaat DMC komt dan weer sterk overeen met nr. 4 fuel oil. Deze brandstof wordt vaak gebruikt in industriële installaties die niet uitgerust zijn met voorverwarmingsinstallaties. Deze brandstof wordt eveneens gebruikt in traag en gemiddeld lopende diesel motoren

In Tabel 10 worden de samenstellingseisen van deze verschillende types destillaten marine brandstoffen weergegeven zoals momenteel gedefinieerd in ISO 8217:2005.

Parameter	eenheid	Limit	DMX	DMA	DMB	DMC
Density at 15 °C	kg/m³	Max	-	890.0	900.0	920.0
Viscosity at 40 ° C	mm²/s	Max	5.5	6.0	11.0	14.0
Viscosity at 40 °C	mm²/s	Min	1.4	1.5	-	-
Micro Carbon Residue at 10% Residue	% m/m	Max	0.30	0.30	-	-
Micro Carbon Residue	% m/m	Max	-	-	0.30	2.50
Water	% V/V	Max	-	-	0.3	0.3
Sulfur ^x	% (m/m)	Max	1.0	1.5	2.0	2.0
Total Sediment Existent	% m/m	Max	-	-	0.10	0.10
Ash	% m/m	Max	0.01	0.01	0.01	0.05
Vanadium	mg/kg	Max	-	-	-	100
Aluminium + Silicon	mg/kg	Max	-	-	-	25
Flash Point	°C	Min	43	60	60	60
Pour Point, Summer	°C	Max	-	0	6	6
Pour Point, Winter	°C	Max	-	-6	0	0
Cloud Point	°C	Max	-16	-	-	-
Calculated Cetane Index		Min	45	40	35	-
Appearance			Clear & Bright		-	-
Zinc ^{xx}	mg/kg	Max	-		-	15
Phosphorus ^{xx}	mg/kg	Max	-		-	15
Calcium ^{xx}	mg/kg	Max	-		-	30
^x sulfur limit of 1.5% m/m will apply in SOx Emission Control Areas designated by the International Maritime Organization, when its relevant Protocol comes into force. There may be local variations						
^{xx} The Fuel shall be free of ULO. A Fuel is considered to be free of ULO if one or more of the elements are below the limits.All three elements shall exceed the limits before deemed to contain ULO.						

Tabel 10 : samenstellingseisen van de verschillende typen destillatie marine brandstoffen

Bij de residu brandstoffen worden internationaal 15 verschillende kwaliteiten voor gebruik in de scheepvaart onderscheiden. Deze worden aangeduid door gebruik te maken van de letters A tot H, K en L. Deze letters worden gevolgd door een getal dat de maximale viscositeit van de brandstof weergeeft in centistokes (cSt = mm²/s). (US EPA, 1999). Deze viscositeit wordt afhankelijk van de bron gegeven bij 50°C of 100°C. In onderstaande tabel refereert het cijfer naar de viscositeit bij 50°C. De viscositeit bij 50°C is steeds hoger in vergelijking met die bij 100°C. De equivalenten die hiervoor gebruikt worden zijn cSt bij 100°C 6- 10-15-25-35-45-55 en bij 50 °C 22-40-80-180-380-500-700.

In Tabel 11 wordt een overzicht gegeven van de specificaties voor 10 verschillende types residu marine brandstoffen zoals opgenomen in ISO 8217:15.

Parameter	Unit	Limit	RMA 30	RMB 30	RMD 80	RME 180	RMF 180	RMG 380	RMH 380	RMK 380	RMH 700	RMK 700
Density at 15 °C	kg/m³	Max	960.0	975.0	980.0	991.0		991.0		1010.0	991.0	1010.0
Viscosity at 50°C	mm²/s	Max	30.0		80.0	180.0		380.0			700	
Water	% V/V	Max	0.5		0.5	0.5		0.5			0.5	
Micro Carbon Residue	% m/m	Max	10		14	15	20	18	22		22	
Sulfur ^x	% m/m	Max	3.5		4.00	4.50		4.50			4.50	
Ash	% m/m	Max	0.10		0.10	0.10	0.15	0.15	0.15		0.15	
Vanadium	mg/kg	Max	150		350	200	500	300	600		600	
Flash point	°C	Min	60		60	60		60			60	
Pour point, Summer	°C	Max	6	24	30	30		30			30	
Pour point, Winter	°C	Max	0	24	30	30		30			30	
Aluminium + Silicon	mg/kg	Max	80		80	80		80			80	
Total Sediment, Potential	% m/m	Max	0.10		0.10	0.10		0.10			0.10	
Zinc ^{xx}	mg/kg	Max	15									
Phosphorus ^{xx}	mg/kg	Max	15									
Calcium ^{xx}	mg/kg	Max	30									
*A sulfur limit of 1.5% m/m will apply in SOx Emission Control Areas designated by the International Maritime Organization, when its relevant Protocol comes into force. There may be local variations.												
^{xx} The Fuel shall be free of ULO. A Fuel is considered to be free of ULO if one or more of the elements are below the limits. All three elements shall exceed the limits before deemed to contain ULO.												

Bron : ISO 8217 Third Edition 2005-11-01 Petroleum products - Fuels (class F) - Specifications of marine fuels
<http://www.dnv.com/industry/maritime/servicessolutions/fueltesting/fuelqualitytesting/iso8217fuelstandard.asp>

Tabel 11 : samenstellingen van verschillende typen residu marine brandstoffen

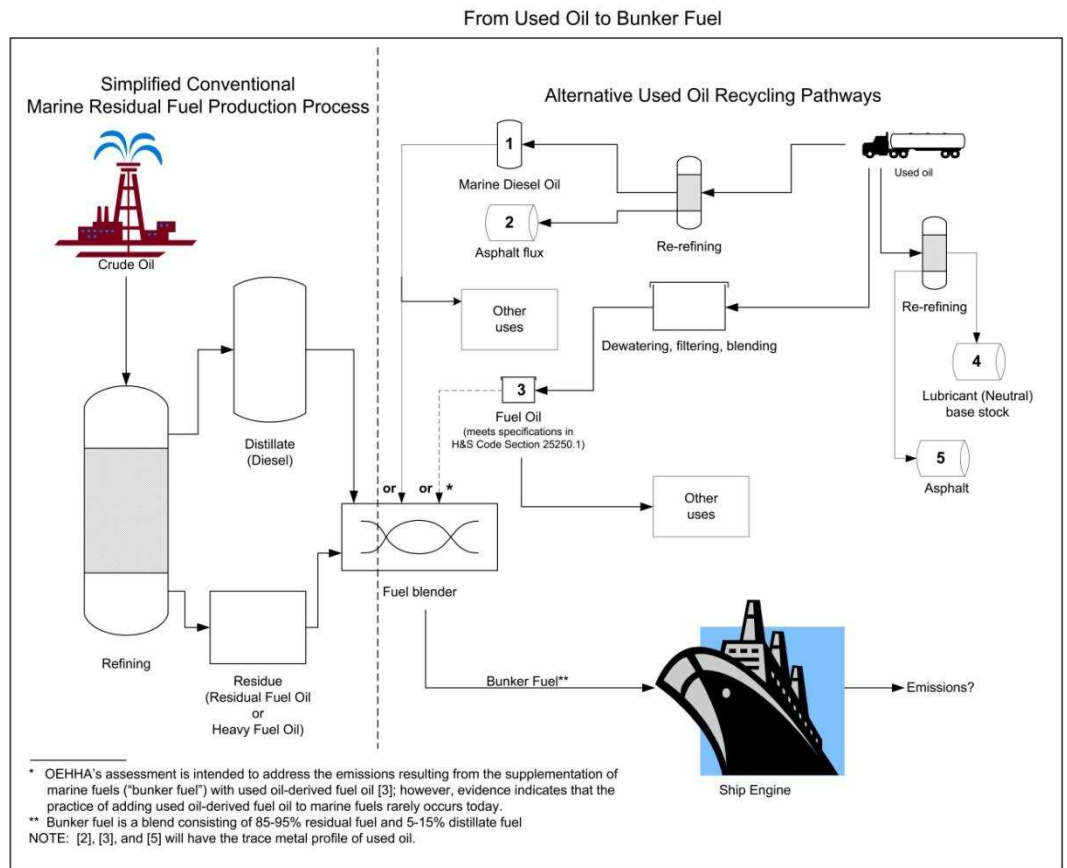
De internationale standaardisatie organisatie (ISO) heeft samen met de marine en petroleum industrie, vier typen marine brandstoffen gedefinieerd die wereldwijd geleverd worden om te gebruiken aan boord van schepen. Deze vier typen zijn :

- IFO180 (ook RME180 of RMF180): dit is een blend van destillaat met ongeveer 88% residu, de viscositeit van deze brandstof bedraagt 180 cSt bij 50°C;
- IFO380 (ook RMG380 of RMH380): dit is een blend van destillaat met ongeveer 98% residu brandstof, de viscositeit van deze brandstof bedraagt 380 cST bij 50°C
- MDO (marine dieselolie, ook DMB): deze fractie kan beperkte hoeveelheden vervuilingen (voornamelijk onder de vorm van residu brandstof) bevatten;
- MGO (marine gasolie, ook DMA): 100% destillaat.

Deze types worden ook teruggevonden in bovenstaande tabellen.

In Figuur 5 wordt een schematisch overzicht gegeven over hoe afgewerkte olie opgewerkt en gebruikt kan worden als bunkerbrandstof. Deze figuur zegt niets over de mogelijkheid om deze verschillende alternatieven toe te passen in Vlaanderen. Ze moet gezien worden als illustratie over hoe bunkerbrandstoffen kunnen worden samengesteld. Vanuit milieuoverwegingen wordt optie 3 zoals weergegeven in de figuur niet in beschouwing genomen als mogelijke optie voor Vlaanderen.

Figuur 5 : illustratief overzicht van de mogelijke toepassingen van afgewerkte olie in de Verenigde Staten, inclusief het gebruik als bunkerbrandstof.



4.2.2 Gebruikte hoeveelheid in Vlaanderen

Het brandstofverbruik in de scheepvaart in Vlaanderen wordt ingeschat in de energiebalans Vlaanderen (Aernouts, K. en Jespers, K., 2009). Dit verbruik wordt opgesplitst naar "scheepvaart op rivieren en kanalen", "scheepvaart tussen Vlaamse zeehavens" en "internationale scheepvaartbunkers". Binnen de scope van de voorliggende studie is vooral het energieverbruik dat wordt toegeschreven aan de internationale scheepvaartbunkers van belang. Voor de volledigheid wordt wel het volledige energieverbruik door de scheepvaart in Vlaanderen voor 2007 weergegeven in onderstaande tabel.

	Eenheid	Zware stookolie (@41 MJ/kg)	Gas- en dieselolie (@42,75 MJ/kg)
Scheepvaart op rivieren en kanalen	kton	-	76,26
Scheepvaart tussen Vlaamse zeehavens	kton	4,88	50,53
Internationale scheepvaartbunkers	kton	8.802	674

Tabel 12 : brandstofverbruik in de scheepvaart (energiebalans 2007)

4.2.3 Geldende (emissie)normering

4.2.3.1 Samenstellingseisen brandstof

Richtlijn 1999/32/EG (betreffende de vermindering van het zwavelgehalte van bepaalde vloeibare brandstoffen) bevat grenswaarden voor het zwavelgehalte van bepaalde brandstoffen die op het grondgebied van de EU worden gebruikt. Deze richtlijn is ook van kracht voor de gasolie en dieselolie die door schepen op binnenwateren en in territoriale wateren (tot 12 zeemijlen van de kust) wordt gebruikt.

De richtlijn stelt dat er op het grondgebied van de lidstaten geen gasolie met een zwavelgehalte van meer dan 0,2 gew % (2000 ppm) gebruikt mag worden met ingang van 01/07/2000. Dit wil zeggen dat ook het S-gehalte van de brandstoffen gebruikt op binnenschepen beperkt wordt tot dit gehalte van 0,2%. Ondertussen is richtlijn 2005/33/EG van kracht (sinds 1 januari 2010, zie ook verder). In deze richtlijn wordt gesteld dat onder andere binnenvaarschepen geen brandstoffen mogen gebruiken met een zwavelgehalte hoger dan 0,1 gew% vanaf.

Omdat er geen grenswaarden voor zware stookolie voor de zeescheepvaart zijn werd in 1997 door de IMO een internationaal instrument voor de luchtverontreiniging door schepen vastgesteld, onder de vorm van bijlage VI van MARPOL 73/78 conventie. In deze bijlage wordt een algemene grenswaarde voor zwavel van 4,5% voor zware stookolie voor zeeschepen vastgesteld. Bovendien worden SECA (SOx Emission Control Areas) gebieden gedefinieerd waar het S-gehalte van de brandstoffen minder dan 1,5% zwavel moet bedragen, of waar gelijkwaardige technologieën ter beperking van de emissies gebruikt moeten worden.

Op 6 juli 2005 werd een amendement toegevoegd aan RL 1999/32/EG. Dit resulteerde in richtlijn 2005/33/EG. Hierin werd de Noordzee opgenomen als een SECA-gebied. Dit betekent dat sedert 11 augustus 2007 scheepsbrandstoffen die gebruikt worden op de Noordzee maximaal 1,5 gew.% zwavel mogen bevatten. De grenswaarde van 1,5 gew.% zwavel in de brandstof geldt ook voor passagiersschepen die in vaste dienst varen tussen havens van Europese lidstaten. De richtlijn voorziet eveneens dat binnenvaartschepen en zeeschepen op hun ligplaats in havens van Europese lidstaten geen brandstoffen mogen gebruiken met een zwavelgehalte hoger dan 0,1 gew.% (1000 ppm). De introductiedatum van deze richtlijn ligt vast op 1 januari 2010.

Verder voorziet de richtlijn 2005/33/EG de mogelijkheid om te experimenteren met nieuwe emissiereductie technologieën. Een belangrijke voorwaarde is dat de technologie resulteert in tenminste even grote emissiereducties als deze bekomen met de brandstoffen met lager zwavelgehalte. (MIRA achtergronddocument transport 2007, energiebalans 2007, mondelinge communicatie L. Schrooten, 2009).

4.2.3.2 Emissienormering

De emissienormering voor de binnenvaart wordt gereguleerd door twee parallel lopende normen. Enerzijds is er de normering die door de Centrale Commissie van de Rijnvaart (CCR) wordt opgelegd. Deze normen gelden in de Rijnsoeverstaten en België. De CCR-normering werd in fasen ingevoerd. Fase 1 (CRR-I) is enkel van kracht voor nieuwe motoren. De norm is van kracht voor alle motoren met een nominaal vermogen dat groter of gelijk is aan 37 kW aan boord

van het binnenschip en machines, die niet onder andere EU richtlijnen inzake de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen vallen. In fase 2 van de CCR (CCR II) werden de emissiegrenswaarden die door de CCR I werden opgelegd verstrengd. Deze norm (CCR II) is van kracht sinds 1 januari 2008.

Naast de CCR heeft ook de Europese Commissie emissierichtlijnen opgesteld voor de binnenvaart. In deze normering wordt onderscheid gemaakt naar de cilinderinhoud van de motor en het vermogen, waar de CCR-normering enkel onderscheid maakt naar vermogen.

Beide emissiereglementeringen worden samengevat weergegeven in Tabel 14. De normering bevat geen grenswaarde voor SO₂. Voor de brandstofsamenstelling zelf wordt wel een maximale concentratie opgelegd, zoals eerder vermeld (zie 4.2.3.1).

Voor de zeevaart wordt de emissiewetgeving gereguleerd door annex VI "Regulation for the prevention of air pollution from ships" in de MARPOL 73/78 conventie. In deze regelgeving worden emissiegrenswaarden voor NO_x opgelegd zoals weergegeven in Tabel 13. De normering bevat geen grenswaarde voor SO₂; voor de brandstofsamenstelling zelf wordt wel een maximale concentratie opgelegd, zoals eerder vermeld (zie 4.2.3.1).

zeescheepvaart		NO_x (in g/kWh)
motoren ingebouwd na 1 januari 2000	$n < 130$	17
	$130 \leq n < 2000$	$45 \cdot n^{-0,2}$
	$n \geq 2000$	9,8

n : toerental als rotaties per minuut

Tabel 13 : emissienormering voor de zeescheepvaart

binnenscheepvaart (in g/kWh)						
CCR (centrale commissie voor de Rijnvaart)						
	nominaal vermogen (PN) in kW	PM		NOx	CO	KWS
CCR I - norm	$37 \leq PN < 75$	0,85	$n \geq 2800 \text{ rpm}$ $500 - 2800 \text{ rpm}$	9,2	6,5	1,3
	$75 \leq PN < 130$	0,7		9,2	6,5	1,3
	$PN \geq 130$	0,54		$45 \cdot n^{-0,2}$	5	1,3
CRR II - norm	$18 \leq PN < 37$	0,8	$n \geq 3150 \text{ rpm}$ $343 \leq n \leq 3145 \text{ rpm}$ $n < 343 \text{ rpm}$	8	5,5	1,5
	$37 \leq PN < 75$	0,4		7	5,5	1,3
	$75 \leq PN < 130$	0,3		6	5	1
	$130 \leq PN < 560$	0,2		6	3,5	1
	$PN \geq 560$	0,2		$45 \cdot n^{-0,2} - 3$	3,5	0,2

n = toerental

rpm = rotaties per minuut

Europese commissie						
categorie	motorinhoud (l/cilinder)	PM		NOx + VOS	CO	
V1 : 1	$D = 0,9 \text{ } p > 37 \text{ kW}$	0,4		7,5	5	
V1 : 2	$0,9 < cc = 1,2$	0,3		7,2	5	vanaf 31 december 2006
V1 : 3	$1,2 < cc = 2,5$	0,2		7,2	5	
V1 : 4	$2,5 < cc = 5$	0,2		7,2	5	
V2 : 1	$5 < cc = 15$	0,27		7,8	5	
V2 : 2	$15 < cc = 20 \text{ } P = 3300 \text{ kW}$	0,5		8,7	5	
V2 : 3	$15 < cc = 20 \text{ } P > 3300 \text{ kW}$	0,5		9,8	5	vanaf 31 december 2008
V2 : 4	$20 < cc = 25$	0,5		9,8	5	
V2 : 5	$25 < cc = 30$	0,5		11	5	

Tabel 14 : emissienormering voor binnenscheepvaart

4.2.4 Besluit

In de samenstellingseisen zoals van kracht voor de verschillende types scheepsbrandstoffen worden maximale concentraties opgelegd voor zowel het S-gehalte als voor de gehalten V (en Ni, enkel voor residu brandstoffen). Daarnaast blijkt dat voor de scheepvaart speciale aandacht wordt geschonken aan het voorkomen van de aanwezigheid van afgewerkte olie in de gebruikte residubrandstoffen. Dit blijkt aan de maximale gehalten Zn, P en Ca die opgelegd worden voor deze brandstoffen.

Wanneer we de gebruikte hoeveelheid brandstof in de scheepvaart vergelijken met de ingezamelde hoeveelheid afgewerkte olie zien we dat deze laatste slechts een fractie bedraagt van de totale gebruikte hoeveelheid.

Uit de emissienormering voor de scheepvaart blijkt dat geen aandacht wordt geschonken aan de mogelijke aanwezigheid van zware metalen in de brandstof. Voor de zeescheepvaart wordt enkel aandacht geschonken aan emissies van SO_x en NO_x. Voor de binnenvaart wordt bijkomend aandacht besteed aan de pollutanten stof, CO, VOS en KWS.

4.3 Algemeen Besluit

4.3.1 Vergelijking van de samenstelling

Gezien de specifieke samenstelling en karakteristieken van de geproduceerde brandstoffen uit de afgewerkte olie worden de toepassingsmogelijkheden ervan beperkt tot enkele specifieke sectoren. In wat vooraf ging hebben we ons beperkt tot het mogelijk gebruik van de geproduceerde brandstoffen in de glastuinbouw en scheepvaart. We gaan uit van de veronderstelling dat indien de brandstof geschikt wordt bevonden voor gebruik in de glastuinbouw ze eveneens gebruikt kan worden als brandstof in andere toepassingen waar gelijkaardige fossiele brandstoffen worden verbrand. Dit omwille van het feit dat enerzijds de technische vereisten voor de brandstoffen gelijkaardig zijn voor deze verwerkingsinstallaties. Anderzijds zijn er emissiegrenswaarden van kracht voor deze installaties waaraan moet worden voldaan. Hierdoor is de kans op een hogere milieu-impact door deze installaties beperkt.

4.3.1.1 Virgin brandstoffen

Wat de samenstelling betreft is het destillaat (gasolie/dieselolie) dat gebruikt wordt in de glastuinbouw vergelijkbaar met marine destillaten qua viscositeit en dichtheid, hoewel zowel de viscositeit als de dichtheid van marine destillaten wat hoger zijn.

Vergelijking van de calorische waarde is niet mogelijk aangezien er geen specificaties worden opgelegd aan de calorische waarde van marine destillatie brandstoffen.

Naar zwavelgehalte is er een duidelijk verschil tussen beide types van brandstoffen. Het S-gehalte van gasolie bedraagt maximum 0,1%¹ terwijl dit minimaal 1% is in marine destillaten.

¹ Sinds 1 januari 2008 mag het S-gehalte van gasolie voor verwarming maximaal 0,1% bedragen.

Voor wat de residu brandstoffen (zware stookolie) betreft blijkt dat de zware stookolie die op het land gebruikt qua dichtheid meer aanleunt bij de zwaardere residu marine brandstoffen (vanaf type RME/RMF in Tabel 11). Ook wat de viscositeit betreft leunt zware stookolie die gebruikt wordt in de glastuinbouw eerder aan bij de zwaardere residu marine brandstoffen (types RMD 80 – RME/RMF 180 in tabel 11).

Ook voor deze brandstoffen kan naar calorische waarde geen vergelijking gemaakt worden omdat we niet beschikken over gegevens betreffende de calorische waarde van de marine brandstoffen.

Voor wat het zwavelgehalte betreft wordt het gehalte hiervan voor gebruik op het land beperkt tot maximaal 1%. Het gehalte van zwavel in residu marine brandstoffen kan oplopen tot 4.5%.

4.3.1.2 Virgin brandstoffen versus brandstof op basis van afgewerkte olie

Wanneer we de samenstelling van brandstof geproduceerd op basis van afgewerkte olie en de besproken virgin brandstoffen vergelijken, zien we dat qua dichtheid de brandstoffen op basis van afgewerkte olie meer aanleunen bij destillatiebrandstoffen.

Naar viscositeit van de brandstof op basis van afgewerkte olie moet onderscheid gemaakt worden tussen beide types van brandstof op basis van afgewerkte olie. De viscositeit die wordt aangegeven door WOS ligt binnen de range zoals die wordt aangegeven voor gasolie die gebruikt wordt in de glastuinbouw. De typische viscositeit die wordt aangegeven door North Refinery leunt meer aan bij deze van destillatie marine brandstoffen, hoewel de bovengrens zich meer in de range van zware stookolie of de zwaardere fracties residu marine brandstoffen bevindt.

Het zwavelgehalte van de brandstoffen op basis van afgewerkte olie is hoger dan dat van gasolie (0,4 à 0,8% versus 0,1%). Aan de opwerkingsinstallaties kan een ontzwavelingsinstallatie worden toegevoegd om dit S-gehalte te verlagen. Dit zou ertoe kunnen leiden dat een zelfde zwavelgehalte wordt gehaald in opgewerkte afgewerkte olie dan in gasolie voor verwarming, namelijk 0,1%. In vergelijking met destillatie marine brandstoffen is het laag (0,4 à 0,8% versus 1 tot 2%) tot zeer laag wanneer vergeleken met residu marine brandstoffen (3,5 à 4,5%)

4.3.2 Hoeveelheid

De hoeveelheid afgewerkte olie die in Vlaanderen wordt ingezameld bedraagt slechts een fractie van de hoeveelheid brandstof die gebruikt wordt in de glastuinbouw en de scheepvaart. Hieruit kan besloten worden dat er een markt is voor brandstoffen die geproduceerd zouden kunnen worden op basis van deze afgewerkte olie. Bovendien kan besloten worden dat het op de markt brengen van deze brandstoffen voor de genoemde sectoren slechts een zeer beperkte invloed zal hebben op de markt zelf.

4.3.3 Emissienormering

Uit de vergelijking van de emissienormering voor beide types van installaties blijkt dat de normering zoals van kracht voor stookinstallaties in de glastuinbouw meer aandacht wordt geschonken aan de mogelijke aanwezigheid van zware metalen in de gebruikte vloeibare brandstoffen. Ook de emissies van stof en CO worden enkel

genormeerd in deze installaties. Voor de zeescheepvaart worden enkel de brandstofgerelateerde parameter SO_x en de procesgerelateerde parameter NO_x gereguleerd. Voor de binnenvaart worden deze normen aangevuld met bijkomende normering voor de parameters stof, CO, VOS en KWS.

5 Impact assessment

5.1 Algemeen

Impacts naar het milieu die verbonden zijn aan het verbranden van opgewerkte afgewerkte olie in de glastuinbouw of scheepvaart zijn enkel gerelateerd aan de emissies naar lucht die hieraan verbonden zijn. In de volgende paragrafen wordt kritisch nagegaan welke maatregelen kunnen genomen worden om de impact op het milieu bij gebruik van opgewerkte afgewerkte olie als brandstof in de scheepvaart of in de glastuinbouw te beperken. De maatregelen die worden voorgesteld worden end of waste criteria genoemd.

Het opleggen van end of waste criteria heeft geen effect op de impact van de opwerkingsinstallatie zelf. Dit blijft een afvalverwerkingsinstallatie die aldus gereguleerd en vergund wordt.

Het opleggen van end of waste criteria kan als indirect effect hebben dat er een kwaliteitsmanagementsysteem nodig is voor het uitbaten van de installatie. Dergelijk systeem kan een positief effect hebben op de verwerkingsinstallatie zelf en bijgevolg ook een positief effect hebben op de kwaliteit van de geproduceerde opgewerkte afgewerkte olie. Echter, beide beschouwde opwerkingssystemen beschikken reeds over een kwaliteitsmanagementsysteem. Het bijkomend opleggen van een dergelijk systeem in het kader van end of waste criteria zal dus geen of weinig bijkomende invloed hebben voor de onderzochte processen.

5.2 Vergelijking van de mogelijke milieu-impact

5.2.1 Input materiaal

Om de garantie te hebben dat het opwerken van afgewerkte olie leidt tot de productie van een brandstof die gebruikt kan worden voor de beoogde toepassing, kunnen end of waste criteria worden opgelegd aan de input van de opwerkingsinstallatie.

Voor afgewerkte smeerolie is op basis van de gemaakte analyses de range van vervuilingen die aanwezig kunnen zijn, gekend (zie Tabel 1). De combinatie van deze kennis betreffende de samenstelling met de nog volgende criteria met betrekking tot het opwerkingsproces, eindproduct en toepassingsmogelijkheden garanderen dat de milieu-impact niet hoger zal zijn dan wanneer geen criteria aan de input zouden worden opgelegd. Indien de uitbater van een opwerkingsinstallatie kan aantonen dat de samenstelling van de door hem gebruikte input binnen de range ligt zoals weergegeven in Tabel 1, kan ook deze worden toegestaan.

De beperking naar de input zorgt ervoor dat er in grote lijnen gekend is welke de samenstelling van de input van de installatie is en beperkt bovendien de mogelijke schommelingen naar samenstelling van deze input.

Om te kunnen garanderen dat er geen PCB houdende afgewerkte olie in de installatie verwerkt wordt, wordt een bijkomende beperking van het PCB gehalte van de te verwerken afgewerkte olie opgelegd. Er wordt gesproken over PCB-houdende olie indien het PCB gehalte > 50 ppm bedraagt. Vandaar dat aan de input van de installatie voor de opwerking van afgewerkte olie tot brandstof een beperking wordt opgelegd voor het PCB gehalte.

5.2.2 Proces

Om de kwaliteit en samenstelling van de geproduceerde brandstof op basis van afgewerkte olie te garanderen, zullen eveneens bepaalde eisen aan het opwerkingsproces gesteld worden. Deze eisen, gecombineerd met de eisen die aan het input- en outputmateriaal worden gesteld, garanderen een bepaalde kwaliteit en samenstelling van brandstof.

In eerste instantie moet het sedimentgehalte van de geproduceerde brandstof beperkt blijven. Dit om enerzijds tegemoet te komen aan de technische specificaties voor brandstoffen, en anderzijds om mogelijke stofemissies bij het inzetten van de geproduceerde brandstof te beperken. Om aan deze eis tegemoet te komen wordt als criterium aan het verwerkingsproces opgelegd dat er een zeeffase (of filtratie) aanwezig moet zijn waarin het sediment wordt afgescheiden.

Ook het watergehalte van de geproduceerde brandstof moet voldoende laag zijn om te kunnen voldoen aan de technische specificaties voor gebruik als brandstof. Het beperken van het watergehalte in de brandstof is een maatregel die ertoe leidt dat er geen technische problemen optreden tijdens het gebruik van de geproduceerde brandstof. Het betreft een maatregel die vanuit procestechnisch oogpunt wordt genomen, en niet vanuit milieutechnisch perspectief. Om aan deze maatregel te kunnen voldoen moet er een doorgedreven ontwateringsstap aanwezig zijn tijdens het opwerkingsproces. (Er kan niet aan deze voorwaarden worden voldaan door enkel een decantatie uit te voeren.)

Ten slotte moet het verwerkingsproces garanderen dat enerzijds de aanwezige zware metalen worden afgescheiden van de brandstoffractie en anderzijds dat er een bruikbare brandstof wordt geproduceerd. Er kan aan deze doelstellingen worden voldaan indien het verwerkingsproces ten minste een destillatie bevat. Bij het destilleren van afgewerkte olie worden de langste koolstofketens van de kortere moleculen afgescheiden. Het zijn deze kortere moleculen die de geproduceerde brandstof zullen vormen. Het destilleren zorgt er eveneens voor dat de zware metalen zich opconcentreren in de zware fractie die achterblijft na de destillatie. Ten minste 94% van de aanwezige zware metalen worden na een destillatie teruggevonden in de zware (residu) fractie. (CIWM, 2008; RDC, 2000; BREF, 2003).

5.2.3 Eindproduct

Omdat een combinatie van de voorgaande criteria nog geen minimum kwaliteit van het eindproduct garandeert, worden eveneens end of waste criteria voorgesteld voor het eindproduct.

5.2.3.1 Zwavelgehalte

Het zwavelgehalte in zware stookolie kan sterk variëren, namelijk tussen 1,0% en 4,5%, afhankelijk van de beoogde toepassing. Voor gebruik op het land wordt het zwavelgehalte beperkt tot 1%. Residu marine brandstoffen mogen tussen 3,5 en 4,5% zwavel bevatten.

Ook in destillaat brandstoffen varieert het zwavelgehalte afhankelijk van de beoogde toepassing. Voor gebruik op het land mag gasolie/dieselolie maximaal 0,1% zwavel bevatten. Marine destillatiebrandstoffen bevatten zwavelgehalten tussen 1 en 2%.

Het zwavelgehalte in afgewerkte olie is typisch kleiner dan 1% (op 1 uitschieter in de beschikbare gegevens na). Het opwerken van afgewerkte olie kan een invloed hebben op het zwavelgehalte in de geproduceerde brandstof. In ruwe olie leidt het destilleren ervan tot een opconcentratie van zwavel in de zware fracties (BREF, 2003). Maar ook de afgescheiden lichte fracties (vnl. gas-fractie) kunnen aanzienlijke concentraties zwavel bevatten (RDC, 2000). Voor de beschouwde opwerkingsinstallaties ligt het zwavelgehalte in opgewerkte afgewerkte olie tussen 0,4 tot 0,8 %. Er kunnen in de opwerkingsprocessen maatregelen genomen worden om het zwavelgehalte van de output te onder controle te houden. Dit kan gebeuren door bijvoorbeeld het zwavelgehalte van de input te beperken. Daarnaast kunnen ook ontzwavelingstechnieken worden ingezet om het zwavelgehalte in de geproduceerde brandstof te reduceren.

Uit voorzorg wordt een maximaal zwavelgehalte voorgesteld van 1% voor opgewerkte afgewerkte olie. Bovendien wordt er, rekening houdend met het zwavelgehalte, een beperking voorgesteld wat betreft de toepassingsmogelijkheden van de geproduceerde brandstof op basis van afgewerkte olie (zie ook § 5.2.4).

5.2.3.2 Chloor- en Fluorgehalte

Gezien de mogelijke samenstelling van smeerolie is er een reëel risico op de aanwezigheid van chloor in opgewerkte afgewerkte smeerolie. Vandaar dat voor deze pollutant een maximaal gehalte van 250 ppm wordt voorgesteld. Deze voorwaarde garandeert dat de milieu-impact door emissies naar lucht van HCl bij inzet van opgewerkte afgewerkte olie beperkt is. Uit de impactanalyse (zoals beschreven in 5.2.3.6) blijkt dat de emissie van HCl, gerelateerd aan het voorgestelde maximale gehalte van 250 ppm, niet leidt tot een waarneembare impact op het milieu of menselijke gezondheid.

Over de pollutant fluor is weinig informatie bekend in literatuur, zowel niet over de mogelijke aanwezigheid ervan in nieuwe smeerolie als in de mogelijke contaminatie van afgewerkte olie met deze pollutant. In de beschikbare informatie uit literatuur wordt geen melding gemaakt van de mogelijke contaminatie van basisolie met fluor door het toevoegen van additieven. Er wordt eveneens ook geen melding gemaakt van de mogelijke contaminatie door gebruik van de olie in een motor (zie Figuur 2). Ten slotte is uit metingen die werden uitgevoerd op opgewerkte afgewerkte olie afkomstig van de installatie van WOS gebleken dat de gehalten van F zich steeds onder de detectielimiet bevonden. Voor fluor besluiten we daarom dat de kans op aanwezigheid in opgewerkte olie in een hogere hoeveelheid dan in brandstoffen op basis van ruwe aardolie zeer klein is. Vandaar dat voor deze pollutant geen maximaal gehalte wordt opgenomen in de end of waste criteria.

5.2.3.3 Gehalte aan zware metalen

Uit literatuurgegevens blijkt dat de zware metalen die dominant aanwezig zijn in *ruwe aardolie* (en afgeleide brandstoffen) Ni en V zijn. Er wordt in de literatuur gemeld dat het gehalte aan zware metalen in *zware stookolie* kan variëren van 40 tot 600 ppm.

Uit de literatuurgegevens waarover VITO beschikt blijkt dat de som van zware metalen¹ in *afgewerkte olie* maximaal 1000 ppm bedraagt (op 1 uitschieter voor Pb na, zie Tabel 1). Zware metalen worden tijdens een destillatieproces sterk opgeconcentreerd in de zware fractie. Dit blijkt ook uit literatuurgegevens: 90 à 94% van de zware metalen komen terecht in de zware fractie. Deze gegevens worden bevestigd door meetresultaten van zware metalen in de input en in de output van WOS. Deze gegevens worden omwille van hun vertrouwelijkheid niet opgenomen in het rapport.

Op basis van de distributiecoëfficiënten die werden berekend voor de installatie van WOS en de literatuur gegevens waarover VITO beschikt, kunnen we besluiten dat het gehalte zware metalen in *opgewerkte afgewerkte olie* maximaal 50 à 100 ppm bedraagt.

Het opwerken van afgewerkte olie in overeenstemming met de voorgestelde end of waste criteria zal tot een (sterke) reductie van het gehalte aan zware metalen in de geproduceerde brandstof leiden: de input aan zware metalen wordt beperkt door de inputcriteria, namelijk enkel afgewerkte smeerolie, en door het opleggen van een destillatiestap in het opwerkingsproces.

Vanuit het voorzorgsprincipe worden echter ook samenstellingsvoorwaarden voor het gehalte aan zware metalen in de geproduceerde brandstof voorgesteld.

Het verbranden van afgewerkte olie zonder opwerking zal omwille van het hoge gehalte aan zware metalen tot een hoge milieu-impact leiden. Deze hoeveelheden zijn, in vergelijking met de gehalten die aanwezig kunnen zijn in zware stookolie, relatief beperkt. Toch worden vanuit het voorzorgsprincipe bijkomende voorwaarden voorgesteld om de aanwezigheid van zware metalen in brandstof geproduceerd op basis van afgewerkte olie te beperken. Voor de keuze van de zware metalen waarvoor we voorwaarden voorstellen, nemen we dezelfde reeks zware metalen waarvoor emissiegrenswaarden worden opgelegd voor afvalverbrandingsinstallatie. Dit wil zeggen dat we in eerste instantie volgende zware metalen in beschouwing nemen: Hg, Cd, As, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sn en V. Thallium wordt niet opgenomen omdat dit metaal zeer moeilijk meetbaar is in afvalstoffen omwille van de hoge interferentie met andere zware metalen (mondelinge mededeling Chris Vanhoof, VITO).

De voorgestelde samenstellingsvoorwaarden houden rekening met een maximale beperking van de milieu-impact die veroorzaakt wordt tijdens de verbranding van de geproduceerde brandstof, met de specifieke aard van de brandstof én de karakteristieken van de brandstof die vervangen wordt.

Vanuit praktisch oogpunt houden de voorgestelde eisen eveneens rekening met de bepalingsgrens voor de verschillende pollutanten die voor afgewerkte olie haalbaar zouden moeten zijn².

In de beschikbare informatie naar samenstelling van zowel afgewerkte olie als opgewerkte afgewerkte olie is geen informatie beschikbaar over de aanwezigheid van kwik. Verschillende referenties halen aan dat het meten van Hg in een

¹ zware metalen zoals ook genormeerd voor afvalverbranding in VLAREM

² Gezien momenteel nog geen wettelijke samenstellinggrenzen voor zware metalen van toepassing zijn voor olie, werd hieromtrent nog geen validatiestudies uitgevoerd. De exacte (en gemiddelde) bepalingsgrenzen per metaal in oliematrix zijn momenteel niet gekend.

oliematrix zeer moeilijk is (o.a. Spijkenisse, 2004). Dit is hoogstwaarschijnlijk de reden dat er eveneens geen informatie beschikbaar is over de aanwezigheid van Hg in ruwe aardolie. De kans dat afgewerkte olie hogere concentraties Hg zal bevatten dan de producten die geproduceerd worden op basis van ruwe olie is zeer klein. We durven dit te stellen omdat er geen Hg aanwezig is in de additieven die gebruikt worden bij de productie van smeerolie (zie ook Figuur 2). Bovendien blijkt uit gegevens van WOS, die in het kader van dit onderzoek beschikbaar werden gesteld, dat er geen Hg aanwezig is in de door hen verwerkte afgewerkte olie. Vandaar dat Hg niet wordt opgenomen in de samenstellingsvoorwaarden voor opgewerkte afgewerkte olie. Indien in de toekomst echter moest blijken dat er wel kwik aanwezig kan zijn in hetzij afgewerkte olie, hetzij opgewerkte afgewerkte olie, moeten de end of waste criteria voor deze pollutant worden herbekeken.

Voor de overige zware metalen (Cd, As, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sn en V) wordt een somparameter voorgesteld. Er wordt geopteerd voor een somparameter omdat dit meer flexibiliteit biedt met betrekking tot de mogelijke hoge bepalingsgrenzen voor bepaalde zware metalen. Als bovengrens wordt een concentratie van 25 ppm voorgesteld. Deze 25 ppm is gebaseerd op de detectielimieten en bepalingsgrenzen van erkende labo's voor het analyseren van olie, zoals gekend bij VITO. Omwille van de vertrouwelijkheid van deze gegevens kunnen de bepalingsgrenzen waarop de somparameter is gebaseerd niet worden opgenomen in het rapport.

Door het opleggen van een somparameter laat men de aanwezigheid van een bepaald metaal in meetbare concentraties in de brandstof in zeer beperkte mate toe, zonder dat de samenstellingsgrens wordt overschreden. Op deze manier wordt rekening gehouden met een beperkte variatie in samenstelling van opgewerkte afgewerkte olie, zonder dat deze variatie leidt tot een onaanvaardbare impact.

Voor zware metalen die in concentraties lager dan de detectielimiet aanwezig zijn in de geproduceerde brandstof wordt voorgesteld deze in de somparameter mee te rekenen aan de helft van de bepalingsgrens.

5.2.3.4 Gehalte aan PCB's

Vanuit het voorzorgsprincipe wordt eveneens een beperking van het PCB-gehalte in de geproduceerde brandstof voorgesteld van < 1 ppm. Dit gehalte komt overeen met de som van de bepalingsgrenzen per congeneer¹.

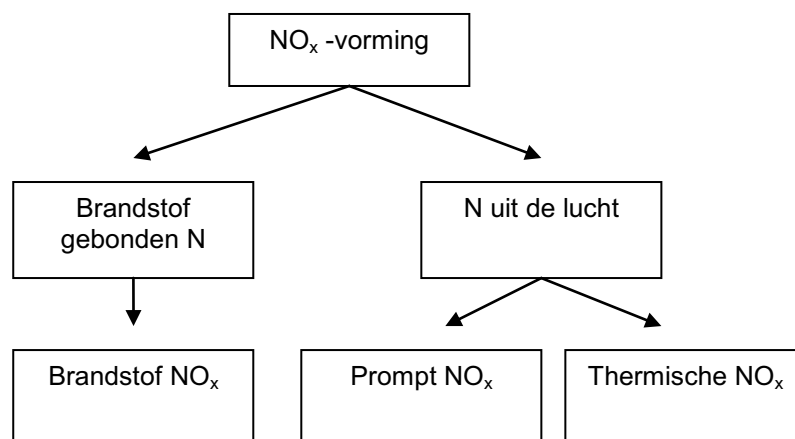
5.2.3.5 Stikstofgehalte

Er worden geen samenstellingseisen voorgesteld voor stikstof (N). De vorming van NO_x wordt geleid door drie essentiële mechanismen, gekarakteriseerd door de bron van stikstof en de omgeving waar de reactie plaatsvindt:

- Prompt NO_x resulteert uit het eerste contact tussen brandstof en lucht in de vlamzone
- Brandstof NO_x wordt gevormd door de stikstof in de brandstof aanwezig
- Thermische NO_x wordt pas gevormd bij hoge temperaturen.

¹ uitgaande van een bepalingsgrens per congeneer van 0,1 ppm (cf compendiummethode CMA/3/A 'Bepaling van polychloorifenylen in oliën')

Figuur 6 : overzicht van NO_x-vormende mechanismen bij verbranding



De hoeveelheid NO_x gevormd door het “prompt NO” mechanisme is over het algemeen veel kleiner dan dat gegenereerd door de andere reacties. De vorming van “thermische NO” is sterk afhankelijk van de temperatuur : de vorming van thermische NO is het dominante reactiemechanisme bij temperaturen > 1200 °C. Hierdoor worden NO_x gevormd in installaties die van vloeibare brandstoffen met een hogere calorische waarde, zoals bij brandstof op basis van aardolie, gebruik maken. De vorming van “brandstof NO_x” hangt af van het stikstofgehalte van de brandstof en de zuurstof concentratie in het reactormedium. Het stikstofgehalte van stookolie loopt op van 0,07% voor lichte stookolie tot 1,4% voor zware olie. Het omzettingpercentage van brandstof-stikstof naar brandstof NO_x ligt in het algemeen tussen de 10 en 50%. Bij het verbranden van stookolie zal de gevormde NO_x voor meer dan 90% zijn oorsprong vinden in brandstof-stikstof. (BBT stookinstallaties, 2002).

Er zijn geen redenen om aan te nemen dat smeerolie een hoger N-gehalte zou hebben dan zware stookolie. De kans is eerder reëel dat het N-gehalte van smeerolie zich eerder in de range bevindt van het N-gehalte van lichte stookolie gezien de gelijkenis van beide producten. De kans op bijkomende vervuiling met stikstof (N) tijdens het gebruik van smeerolie is zeer beperkt. Ook tijdens de opwerking wordt geen stikstof toegevoegd aan de afgewerkte smeerolie. We gaan er aldus vanuit dat tijdens de gebruiksfase van beide types brandstoffen (op basis van ruwe olie en op basis van afgewerkte smeerolie) gelijkaardige NO_x -emissies geproduceerd zullen worden, én dat deze NO_x -emissies eerder gerelateerd zullen zijn aan stikstof uit de lucht dan wel uit de brandstof.

5.2.3.6 Analyse van de milieu-impact

Algemeen

De voorgestelde samenstellingsvoorwaarden voor zwavel, chloor en zware metalen kunnen worden afgewogen en geëvalueerd met behulp van LCA-software¹. Deze software laat toe om de mogelijke impact op milieu en gezondheid van de

¹ Simapro software, Recipe methode

emissies naar lucht te bepalen en uit te drukken als een ecoscore (= maat voor milieu-impact). De ecoscore van de emissies die ontstaan bij inzet van een brandstof die voldoet aan de voorgestelde samenstellingsvoorwaarden (end of waste criteria) wordt vergeleken met de ecoscore van de emissies die ontstaan bij de inzet van traditionele brandstoffen. Er worden twee types brandstof op basis van afgewerkte olie opgenomen in de evaluatie. Het verschil tussen beide types zit in het veronderstelde zwavelgehalte, namelijk 1% en 0,1%. De ecoscores van deze twee types opgewerkte afgewerkte olie worden vergeleken met de ecoscores van een stookinstallatie die gestookt wordt met zware stookolie met 1% S en een stookinstallatie die gestookt wordt met lichte stookolie met een S-gehalte van 0,1%.

In de evaluatie wordt, naast het S- gehalte en het gehalte aan zware metalen, ook het C-gehalte van de verschillende brandstoffen in rekening gebracht. Hierdoor kan de impact die veroorzaakt wordt door de bestudeerde pollutanten S en zware metalen in het juiste perspectief geplaatst worden. Voor het berekenen van de totale impact werd uitgegaan van een aantal veronderstellingen. In onderstaande paragrafen wordt voor de verschillende types van brandstoffen dieper ingegaan op deze veronderstellingen.

Voor het berekenen van de CO₂-emissie die wordt gegenereerd door het verbranden van opgewerkte afgewerkte olie werd een C-gehalte van 82% verondersteld¹. Voor de somparameter zware metalen werd de bijdrage in de somparameter evenredig verdeeld over de verschillende metalen waarop deze van kracht is (As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sn en V). Voor het S-gehalte werd de berekening gemaakt voor een brandstof met een S-gehalte van 0,1% en een met een gehalte van 1%.

Voor het berekenen van de totale CO₂-emissie die worden gegenereerd bij de verbranding van zware stookolie werd uitgegaan van een C-gehalte van zware stookolie van 87%. Voor de emissies van zware metalen bij de verbranding werd, op basis van de geldende emissiegrenswaarden zoals opgenomen in VLAREM II, een maximaal toegelaten Ni- en V-gehalte berekend. Deze gegevens verder aangevuld voor de zware metalen As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Pb en Sn. Hiertoe werd gebruik gemaakt van gemiddelde gehalten voor deze zware metalen in zware stookolie die wordt gebruikt in raffinaderijen (BREF, 2003). In de berekeningen werd een S-gehalte van 1% verondersteld.

Voor het bepalen van de CO₂-emissie werd voor lichte stookolie een C-gehalte van 86,2% verondersteld. Voor de emissies van de zware metalen Ni en V werd uitgegaan van de emissiegrenswaarden zoals van kracht voor stookinstallaties gestookt met vloeibare brandstoffen uit VLAREM II. Er zijn voor deze brandstof geen gegevens beschikbaar bij VITO waaruit blijkt dat deze brandstof andere zware metalen zou bevatten. Vandaar dat er geen aanwezigheid van deze zware metalen in de brandstof wordt verondersteld. Voor wat het S-gehalte van deze brandstof betreft, werd in de berekeningen verondersteld dat dit 0,1% bedraagt.

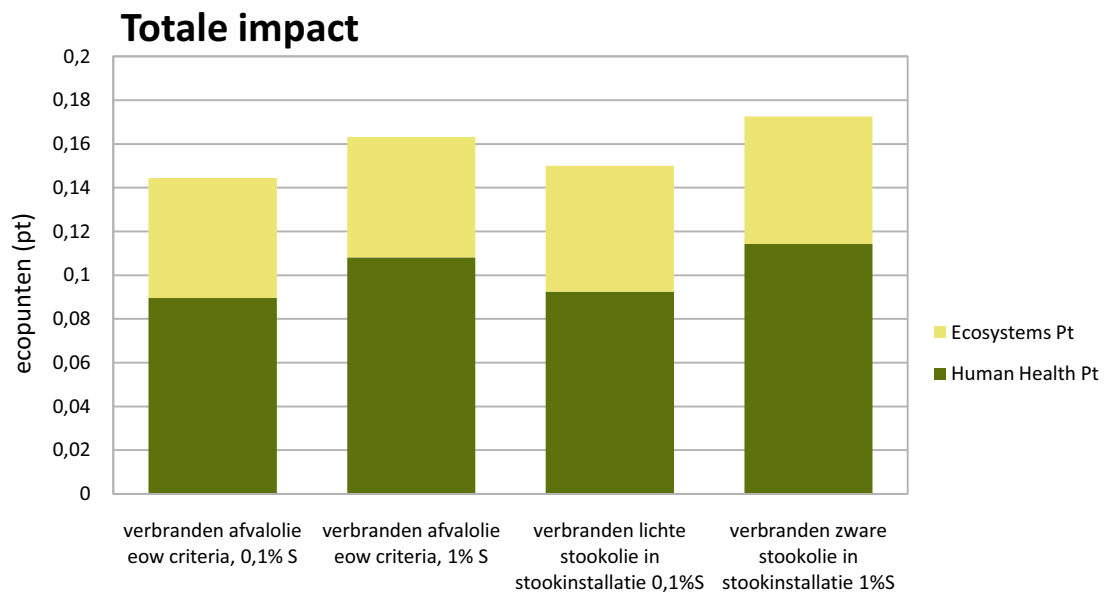
Totale impact

In onderstaande figuur wordt een overzicht gegeven van de globale impact op het milieu en menselijke gezondheid door het verbranden van enerzijds opgewerkte afgewerkte olie die voldoet aan de voorgestelde end of waste criteria en anderzijds

¹Dit gehalte is bepaald aan de hand van een calorische waarde van opgewerkte afgewerkte olie van 40 MJ/kg en een theoretische energie-inhoud van 32,930 MJ per kg C.

twee types stookolie. Uit de figuur blijkt dat 62 tot 66% van de totale impact bestaat uit impact op de menselijke gezondheid. De resterende 34 à 38% bestaat uit impact op het ecosysteem.

Figuur 7 : overzicht van de totale milieu-impact door verbranding van opgewerkte afgewerkte olie en stookolie



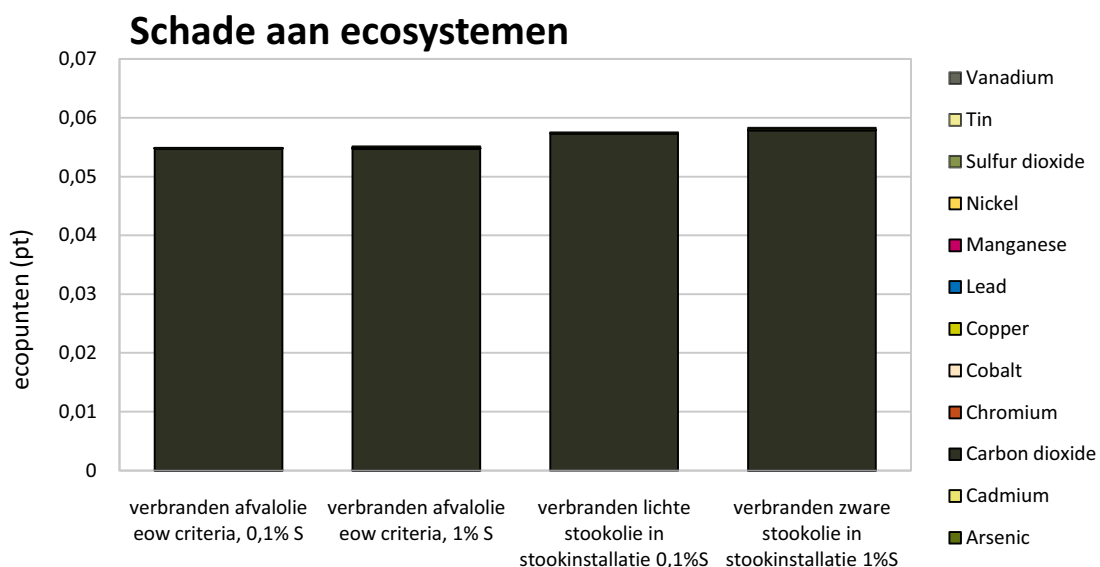
Uit deze globale vergelijking blijkt dat brandstoffen met een zelfde S-gehalte een vergelijkbare impact veroorzaken. Bovendien blijkt uit de figuur dat het verschil in impact tussen de verschillende brandstoffen maximaal 16% bedraagt. In traditionele LCA-studies wordt dergelijk verschil als niet significant beschouwd.

In volgende paragrafen wordt dieper ingegaan op beide impactcategorieën, en het aandeel van de verschillende emissies in de globale impact.

Schade aan ecosystemen

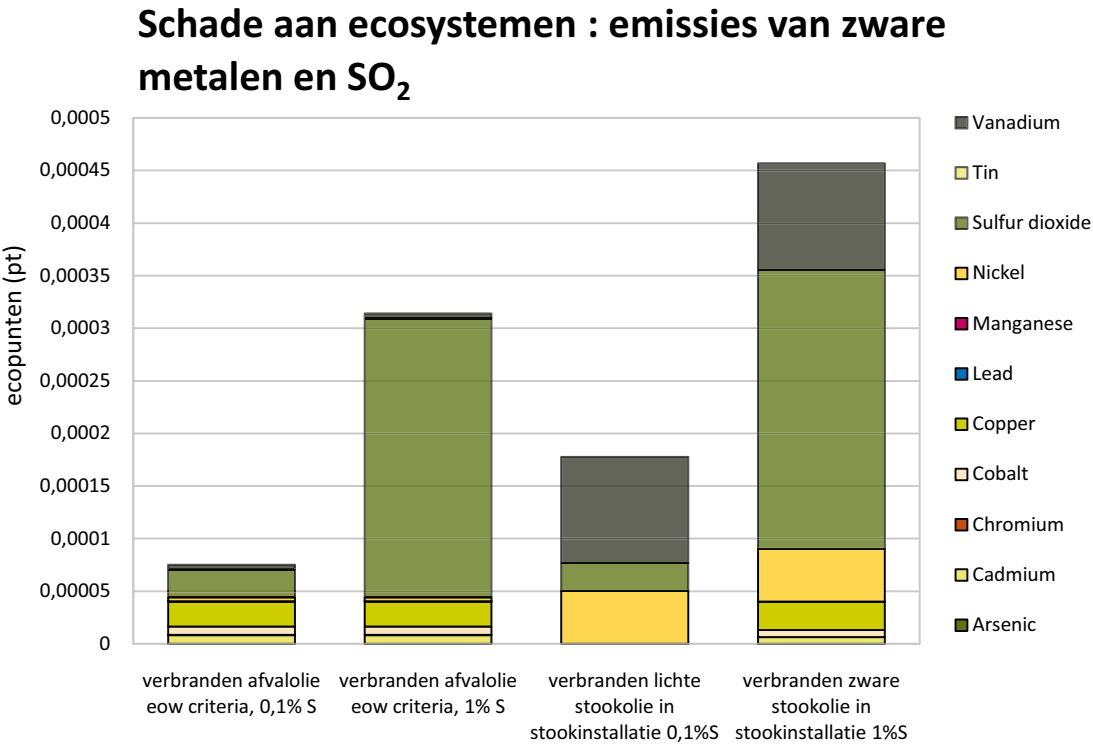
In Figuur 8 wordt een overzicht gegeven van de schade aan ecosystemen die wordt veroorzaakt door het verbranden van opgewerkte afgewerkte olie, lichte en zware stookolie. Uit de figuur blijkt dat de impact wordt gedomineerd door de CO₂ emissies die vrij komen tijdens de verbranding. Ruim 99% van de impact wordt veroorzaakt door deze pollutant. De veroorzaakte impact is evenredig met het C-gehalte van de brandstof. We hebben voor de brandstof op basis van afgewerkte olie een lager C-gehalte verondersteld in vergelijking met dat van fossiele brandstof, vandaar de lagere impact. De impact die wordt veroorzaakt omwille van de aanwezigheid van S in de brandstof is laag in vergelijking met de impact veroorzaakt door het C-gehalte. Ten slotte, veroorzaakt het aanwezige V in de brandstoffen op basis van ruwe aardolie nog een waarneembare impact. Voor de overige zware metalen is de impact op ecosystemen bijna niet waarneembaar in de grafiek, en dus ook verwaarloosbaar. Maar om toch inzicht te krijgen in de invloed die zowel het S-gehalte als de zware metalen hebben, wordt in volgende paragrafen en figuren dieper ingegaan op deze pollutanten.

Figuur 8 : overzicht schade aan ecosystemen, door verbranding van opgewerkte afgewerkte olie, lichte en zware stookolie



Wanneer we de schade aan ecosystemen die wordt veroorzaakt door de emissie van CO₂ buiten beschouwing laten, blijkt dat het aandeel van de impact die wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van S in de brandstof sterk varieert. Deze impact bedraagt 15% bij de verbranding van lichte stookolie tot 85 % bij de verbranding van opgewerkte olie met 1% S. Voor de brandstoffen met een S-gehalte van 1% blijkt dat deze pollutant het merendeel van de impact veroorzaakt. Dit is niet het geval voor de brandstoffen met een S-gehalte van 0,1%.

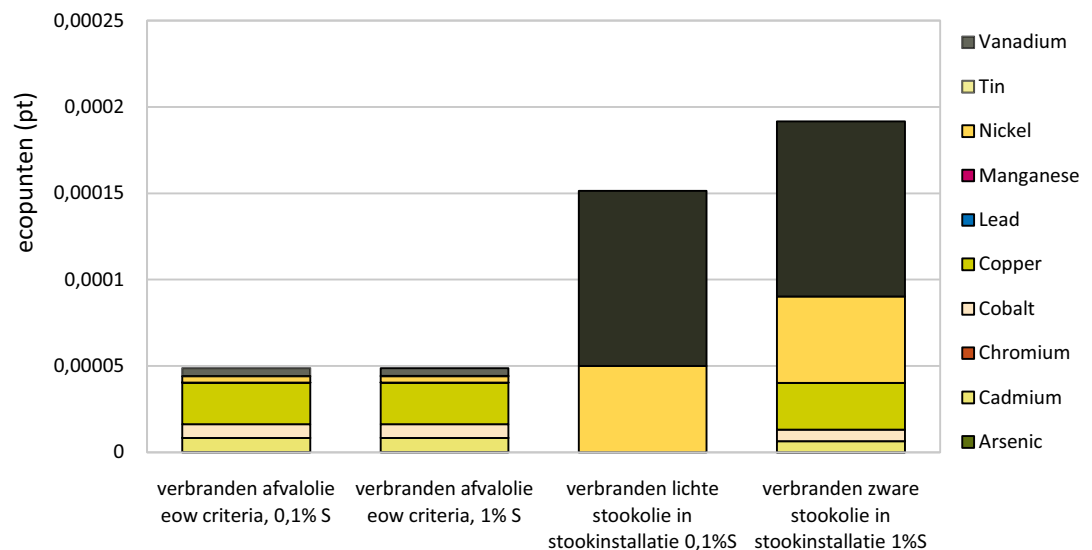
Figuur 9 : overzicht schade aan ecosystemen door de aanwezigheid van S en zware metalen in opgewerkte afgewerkte olie, lichte en zware stookolie



Wanneer we ten slotte nog verder focussen op de impact door de verschillende zware metalen zien we dat de impact bij stookolie wordt gedomineerd door de veronderstelde aanwezigheid van V in stookolie. Voor de impact door de verbranding van opgewerkte afgewerkte olie zien we dat de impact vooral wordt veroorzaakt door de veronderstelde aanwezigheid van Cu in de brandstof. Dit wordt weergegeven in Figuur 10.

Figuur 10 : overzicht schade aan ecosystemen door de aanwezigheid van zware metalen in opgewerkte afgewerkte olie, lichte en zware stookolie

Schade aan ecosystemen : emissies van zware metalen

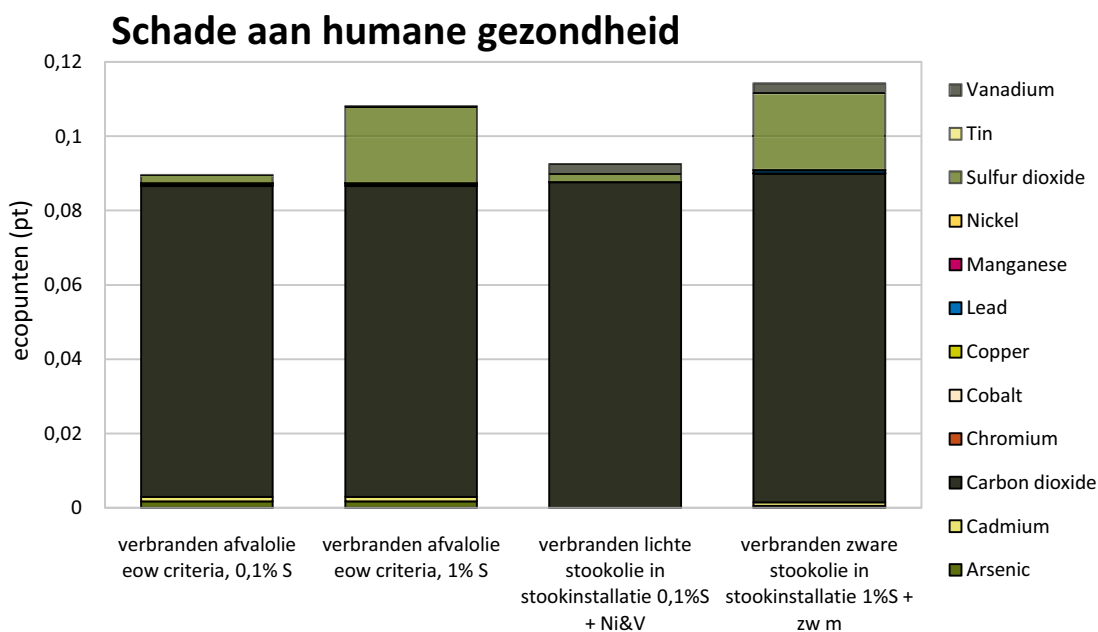


Globaal kunnen we voor de impactcategorie “schade aan ecosystemen” dat CO₂-emissies verantwoordelijk zijn voor het merendeel van de impact. Het veronderstelde C-gehalte in de beschouwde brandstoffen bepaalt het resultaat. Daarnaast veroorzaakt het S-gehalte een verschil in impact. De hiermee gerelateerde SO₂ emissies worden aldus volledig bepaald door de geldende productnormen. Het gehalte aan zware metalen ten slotte vertegenwoordigt in het geheel slechts een beperkte impact. De impact die gegenereerd wordt door de aanwezigheid van zware metalen is kleiner voor opgewerkte afgewerkte olie dan voor virgin brandstoffen.

Schade aan menselijke gezondheid

In Figuur 11 wordt een overzicht gegeven van de schade aan menselijke gezondheid die wordt veroorzaakt door het verbranden van opgewerkte afgewerkte olie, lichte en zware stookolie. Uit de figuur blijkt dat ook hier de impact wordt gedomineerd door de CO₂-emissies die worden gegenereerd tijdens de verbranding. Ze vertegenwoordigen 77 tot 95% van de totale impact. Uit de figuur blijkt eveneens dat voor schade aan menselijke gezondheid de emissie van SO₂ een grotere rol speelt. Bij brandstoffen met een S-gehalte van 1% vertegenwoordigt de impact 18 à 19%. Ook hier blijkt uit de vergelijking dat de impact die wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van zware metalen van ondergeschikt belang is.

Figuur 11 : overzicht schade aan humane gezondheid, door verbranding van opgewerkte afgewerkte olie en zware stookolie

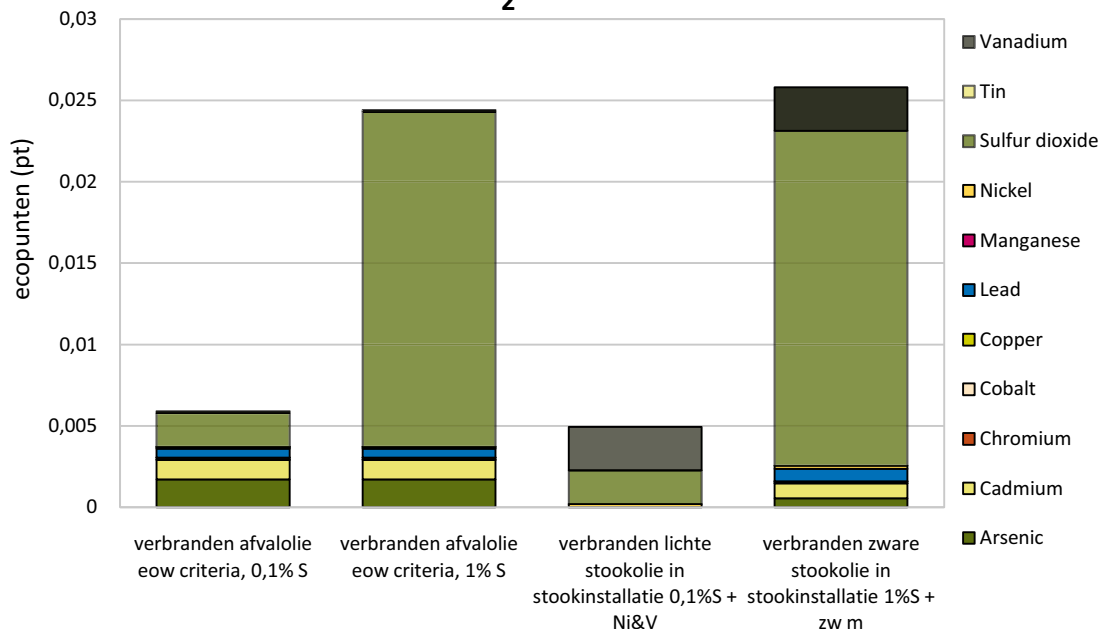


De resultaten in voorgaande figuur tonen aan dat de schade aan menselijke gezondheid door de verbranding van opgewerkte afgewerkte olie in dezelfde grootteorde liggen dan deze die veroorzaakt worden door de verbranding van stookolie.

Wanneer we de impact van de emissie van CO₂ buiten beschouwing laten blijkt dat voor brandstoffen met een S-gehalte van 1% de emissie van SO₂ 80 à 84 % van de schade aan menselijke gezondheid veroorzaken. Voor brandstoffen met een S-gehalte van 0,1% is dit 35 tot 42% van de impact. Dit blijkt ook uit Figuur 12.

Figuur 12 : overzicht van schade aan humane gezondheid veroorzaakt door de aanwezigheid van S en zware metalen in opgewerkte afgewerkte olie, lichte en zware stookolie

Schade aan humane gezondheid : emissies van zware metalen en SO₂

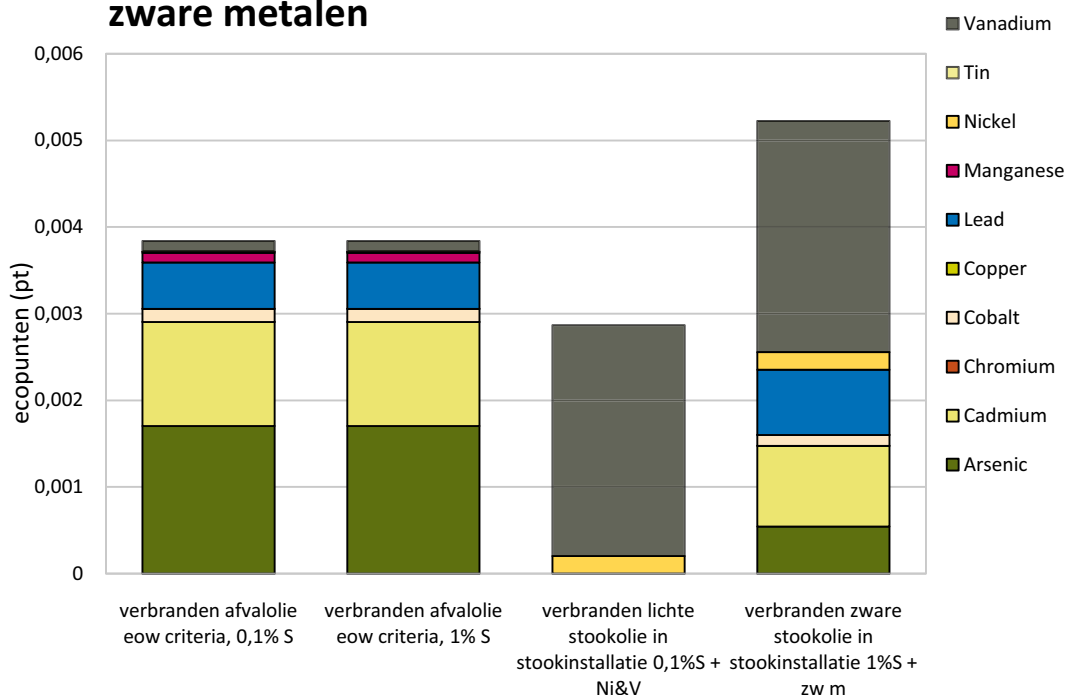


Wanneer we verder focussen op de impact die wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van zware metalen (zie Figuur 13) in de brandstoffen zien we een aantal verschillen tussen de brandstoffen. De impact door zware metalen wordt bij het verbranden van stookolie vooral veroorzaakt door de aanwezigheid van vanadium. Voor zware stookolie wordt deze impact aangevuld door de aanwezigheid van arseen, cadmium en lood. Bij de verbranding van opgewerkte afgewerkte olie zien we dat vooral de aanwezigheid van arseen en cadmium impact veroorzaken. Omdat de bepalingsgrenzen voor cadmium en arseen in opgewerkte afgewerkte olie aan de hoge kant worden ingeschat (grootteorde 5 à 10 ppm¹) wordt besloten om deze parameters op te nemen in de somparameter, en ze niet als individuele samenstellingsvoorwaarde op te leggen. Indien we dit niet zouden doen, zou de impact voor deze metalen hoger worden. Dit komt omdat we nu in de impact analyse het voorgestelde maximale gehalte aan zware metalen van 25 ppm evenredig verdelen over de verschillende zware metalen. Indien we niet uitgaan van een somparameter, moet voor elk zwaar metaal de bepalingsgrens in rekening gebracht worden. Dit zou leiden tot een hogere milieu-impact ten gevolge van de aanwezigheid van zware metalen.

¹ mondeling overleg met Chris Vanhoof, VITO

Figuur 13 : overzicht schade aan humane gezondheid, veroorzaakt door de aanwezigheid van zware metalen in opgewerkte afgewerkte olie, lichte en zware stookolie

Schade aan humane gezondheid : emissies van zware metalen



Globaal kunnen we voor de impactcategorie schade aan menselijke gezondheid besluiten dat nagenoeg geen verschil is tussen de impact die wordt veroorzaakt enerzijds door opgewerkte afgewerkte olie en anderzijds door het verbranden van stookolie. Wanneer we de volledige impact in beschouwing nemen, inclusief impact veroorzaakt door CO₂-emissies, blijkt dat deze verantwoordelijk is voor het merendeel van de impact. Daarnaast veroorzaakt het S-gehalte een verschil in impact : brandstoffen met een zelfde S-gehalte veroorzaken een gelijke impact. Ten slotte blijkt uit de evaluatie dat het gehalte aan zware metalen in het geheel slechts een beperkte impact vertegenwoordigt.

5.2.4 Toepassingsmogelijkheden

Omwillen van de aard en samenstelling van opgewerkte afgewerkte olie is het aangewezen de toepassingsmogelijkheden te beperken. Omdat het zwavelgehalte van opgewerkte afgewerkte olie typisch meer dan 0,1% bedraagt, kan de geproduceerde brandstof niet gebruikt worden in de glastuinbouw ter vervanging van gasolie/dieselolie. Voor toepassingen op het land wordt het gebruik daarom beperkt tot de vervanging van zware stookolie. Echter, wanneer moest blijken in de toekomst dat het S-gehalte van opgewerkte olie gereduceerd kan worden tot 0,1% kan het gebruik van deze olie ter vervanging van gasolie/dieselolie met een S-gehalte van 0,1% eveneens worden toegestaan.

Ook voor de binnenvaart wordt het zwavelgehalte van destillatiebrandstoffen beperkt tot 0,1%. Door deze beperking kan opgewerkte afgewerkte olie momenteel niet gebruikt worden ter vervanging van deze brandstoffen. Ook hier geldt echter,

dat wanneer het S-gehalte van opgewerkte afgewerkte olie gereduceerd kan worden tot 0,1% het gebruik ervan ter vervanging van destillatiebrandstoffen met een S-gehalte van 0,1% kan worden toegestaan. Het gebruik van opgewerkte afgewerkte olie, met een S-gehalte van 1%, kan worden toegestaan als blendmiddel voor de binnenvaart ter verlaging van de viscositeit van de gebruikte brandstof.

Voor de zeevaart kan opgewerkte afgewerkte olie gebruikt worden ter vervanging van destillaten (Destillatie Marine brandstoffen) en kan het ook gebruikt worden als blendmiddel om de gewenste kwaliteit residubrandstof (Residu Marine brandstoffen) te verkrijgen.

In deze toepassingen zal het gebruik van opgewerkte afgewerkte olie niet leiden tot een hogere milieu-impact, indien rekening wordt gehouden met de maximaal geldende zwavelgehalten.

		S-gehalte	Cl-gehalte	Σ zware metalen	PCB-gehalte
toepassingsgebied	type	%	ppm		
glastuinbouw	zware stookolie	1	250	25	< 1
	gasolie/dieselolie	0,1			
binnenvaart	blendmiddel	1			
	gasolie/dieselolie	0,1			
zeescheepvaart	blendmiddel	1			
	destilatie marine brandstof	1			

5.3 Besluit

Op basis van het voorgaande kunnen we besluiten dat wanneer afgewerkte olie volgens de vooropgestelde end of waste criteria wordt opgewerkt en gebruikt, het gebruik ervan ter vervanging van de traditioneel gebruikte producten, niet tot een hogere milieu-impact zal leiden. Dit is het geval zolang de huidige productnormen en emissiegrenswaarden van kracht blijven voor de traditionele producten respectievelijk installaties.

6 End of waste criteria

6.1 Inleiding

Zoals vermeld in § 2.6 worden in dit onderzoek end of waste criteria opgesteld om afgewerkte olie in te zetten als brandstof in de scheepvaart en/of glastuinbouw.

Om in overeenstemming te zijn met de algemene voorwaarden werd nagegaan of

- het product in het algemeen gebruikt wordt voor specifieke doelen;
- of er een vraag is op de markt naar het product;
- of het product voldoet aan de technische eisen, bestaande standaarden en wetgeving die van toepassing is op het product;
- of het gebruik van het product niet leidt tot een hogere impact op het milieu of de menselijke gezondheid.

De eerste drie van deze voorwaarden worden aangehaald in hoofdstuk 4 Brandstoffen in scheepvaart en glastuinbouw.

In hoofdstuk 5 Impact assessment worden de mogelijke end of waste criteria onderworpen worden aan een impact analyse. In deze analyse wordt nagegaan of het gebruik van end of waste criteria al dan niet leidt tot een hogere impact op het milieu en menselijke gezondheid vergeleken met de huidige situatie.

Uit de evaluatie blijkt dat op basis van mogelijk aanwezige verontreinigingen in afgewerkte olie dat het verbranden ervan in motoren of stookinstallaties zonder nageschakelde rookgasreinigingstechnieken een (aanzienlijke) milieu-impact kan veroorzaken. Deze milieu-impact is vooral gerelateerd aan het zwavelgehalte alsook de aanwezige zware metalen en PCB's.

Het opwerken van afgewerkte olie zorgt ervoor dat de aanwezige polluenten (zoals zware metalen, chloor, PCB's) gereduceerd worden.

De productnormen die van kracht zijn voor de brandstoffen in de glastuinbouw en scheepvaart normeren al een aantal parameters om de milieu-impact van het gebruik van deze brandstoffen te beperken. Daarnaast wordt door middel van emissiegrenswaarden naar lucht eveneens de impact op milieu voor een aantal parameters geregeld.

De milieu-impact van een aantal brandstofgerelateerde polluenten die aanwezig kunnen zijn in (opgewerkte) afgewerkte olie, wordt echter noch via productnormen noch via emissiegrenswaarden onder controle gehouden. Dit is het geval voor PCB's, een aantal zware metalen (met uitzondering van Ni en V) en halogenen.

Rekening houdend met deze informatie worden in de volgende paragrafen end of waste criteria voorgesteld voor het gebruik. In deze studie werd uitgegaan van een beperkt toepassingsgebied: namelijk het gebruik van opgewerkte afgewerkte olie als brandstof in de scheepvaart en glastuinbouw. Dit wil echter niet zeggen dat het uiteindelijke gebruik van opgewerkte afgewerkte olie beperkt moet worden tot het onderzochte toepassingsgebied. Uit de studie is gebleken dat het mogelijke gebruik van opgewerkte afgewerkte olie niet bepaald wordt door de sector die deze brandstof wil gebruiken. De mogelijke toepassing wordt bepaald door de productnormering voor het product dat vervangen zal worden door de opgewerkte afgewerkte olie.

6.2 End of waste criteria: input material

De afgewerkte olie die als input wordt gebruikt voor de productie van brandstof moet voldoen aan volgende criteria:

- Enkel afgewerkte smeerolie (zoals omschreven in de milieubeleidsovereenkomst voor afgewerkte olie) komt in aanmerking;
- Het PCB gehalte moet lager zijn dan 50 ppm.

Deze criteria zorgen ervoor dat de afvalstroom die verwerkt wordt effectief leidt tot de vorming van een brandstof die gebruikt kan worden voor de beoogde toepassing.

Indien de uitbater van een installatie kan aantonen dat een andere input dan smeerolie in overeenstemming is met de samenstelling van afgewerkte smeerolie (zoals weergegeven in Tabel 1) kan ook deze input worden toegestaan.

6.3 End of waste criteria: process

Het opwerkingsproces dat gebruikt wordt om van afgewerkte olie een brandstof te maken moet minstens volgende onderdelen omvatten:

- zeeffase (of filtratie): nodig om het grootste gedeelte van de vaste stoffen uit de afgewerkte olie te verwijderen;
- doorgedreven ontwatering: om het aanwezige water terug te reduceren tot een aanvaardbaar niveau voor verdere verwerking in de installatie;
- destillatie: om de bitumineuze fractie (ketenlengte > C 20) af te scheiden van de brandstoffractie (ketenlengte C8 – C20).

Het afscheiden van de vaste stoffen in de zeeffase reduceert het sedimentgehalte in de geproduceerde brandstof tot een aanvaardbare waarde.

De doorgedreven ontwatering op zijn beurt is nodig om de technische specificaties van de uiteindelijke brandstof te garanderen. (Dit criterium is relevant vanuit procestechnisch oogpunt, niet vanuit milieutechnisch perspectief.)

De destillatie leidt in de eerste plaats tot het afscheiden van te lange koolstofketens uit de brandstof. Een destillatie heeft als bijkomend gevolg dat de eventueel aanwezige metalen zich opconcentreren in de zware fractie. 90 à 94% van de aanwezige zware metalen worden na een destillatiestap teruggevonden in de zware (residu) fractie. (CIWM, 2008; RDC 2000)

6.4 End of waste criteria: eindproduct

Met betrekking tot het eindproduct worden volgende samenstellingseisen voorgesteld:

Polluent	in mg/kg
S	<10 000
Cl	<250
Som zware metalen (Cd, As, Cr, Co, Cu, Mn, Pb, Ni, Sn, V)	<25
PCB	<1

Deze voorgestelde samenstellingseisen betreffen absolute maxima. Indien lagere gehalten gehaald kunnen worden, voornamelijk voor S, kan dit invloed hebben op de in volgende paragraaf voorgestelde toepassingsmogelijkheden. Bovendien moet het product voldoen aan de productnormeringen die van kracht zijn in het toepassingsgebied waarin de brandstof gebruikt wordt.

6.5 End of waste criteria: toepassingsmogelijkheden

Opgewerkte afgewerkte olie kan in de glastuinbouw gebruikt worden als brandstof ter vervanging van zware stookolie. Indien het S-gehalte van opgewerkte afgewerkte olie gereduceerd kan worden tot 0,1%, kan deze brandstof eveneens gebruikt worden ter vervanging van gasolie/dieselolie.

Voor de binnenvaart kan deze brandstof gebruikt worden als blendmiddel voor de binnenvaart om de viscositeit van de traditioneel gebruikte brandstoffen te verlagen. Het kan niet gebruikt worden ter vervanging van gasolie omwille van het te hoge zwavelgehalte. Wanneer het S-gehalte van opgewerkte afgewerkte olie gereduceerd kan worden tot 0,1% kan deze brandstof eveneens gebruikt worden ter vervanging van de traditioneel gebruikte brandstoffen in de binnenvaart.

Voor de zeescheepvaart kan opgewerkte afgewerkte olie gebruikt worden ter vervanging van destillatie marine brandstoffen of als blendmiddel om de gewenste kwaliteit residu marine brandstof te bekomen.

In voorliggende studie werd uitgegaan van een beperkt toepassingsgebied voor opgewerkte afgewerkte olie. Dit wil echter niet zeggen dat het uiteindelijke gebruik van opgewerkte afgewerkte olie beperkt moet worden tot het onderzochte toepassingsgebied. Uit de studie is gebleken dat het mogelijke gebruik van opgewerkte afgewerkte olie die voldoet aan de voorgestelde end of waste criteria, niet bepaald wordt door de sector die deze brandstof wil gebruiken. De mogelijke toepassing wordt bepaald door de productnormering voor het product dat vervangen zal worden door de opgewerkte afgewerkte olie. Indien opgewerkte afgewerkte olie voldoet aan de end of waste criteria die worden voorgesteld betreffende de input, het opwerkingsproces en het eindproduct en bovendien voldoet aan de productnormering van het te vervangen product, kan het toepassingsgebied worden uitgebreid.

Lijst van afkortingen

BBT	Beste Beschikbare technieken
BREF	Best Available Techniques Reference document
CCR	Centrale Commissie voor de Rijnvaart
CFPP	Cold Filter Plugging Point
COM	Commissie van de Europese gemeenschappen
cSt	centistokes
EG	Europese Gemeenschap
EOX	Extraheerbare Organische Halogeenverbindingen
EU	Europese Unie
EURAL	Europese Afvalstoffen Lijst
gew%	gewichtsperscentage
IMO	Internationale Maritieme Organisatie
HFO	Heavy Fuel Oils
IFO	Intermediate Fuel Oils
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
IPTS	Institute for Prospective Technological Studies
ISO	Internationale Standaard Organisatie
KWS	Koolwaterstoffen
LCA	Levenscyclusanalyse
LPG	Liquefied Petroleum Gas
MARPOL	Marine Pollution
MCR	Micro Carbon Residue
mg/kg	milligram/kilogram
MDO	marine dieselolie
MGO	marine gasolie
m/m	massa/massa
MBO	Milieubeleidsvereenkomst
MJ/kg	Mega Joule/kilogram
MTBE	methyl tertiary butyl ether
NBN	Nationaal Bureau voor Normalisatie
NEC	National Emission Ceilings
OVAM	Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij
PAK	Poly Aromatische Koolwaterstof
PCB	Polychloorbifenyl
PCT	Polychloortrifenyl
PM	particulate matter
ppm	Parts per million
REACH	Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals
RL	Richtlijn
SECA	SOx Emission Control Area
TAN	Total Acid Number
u	kinematische viscositeit
US EPA	United States Environmental Protection Agency
VLAREM	Vlaams Reglement betreffende de Milieuvergunning
VOS	Vluchtige organische stoffen
V/V	volume/volume
°C	graden Celsius

Lijst van tabellen

Tabel 1: beknopt overzicht samenstellingen afgewerkte olie (volledige tabel in bijlage A)	29
Tabel 2: specificaties gasolie WOS Hautrage (OLEA 2000)	34
Tabel 3 : Distributiecoëfficiënten zware metalen WOS Hautrage	34
Tabel 4 : specificaties gasolie (brandstof) geproduceerd door North Refinery	37
Tabel 5 : overzicht producteigenschappen van verschillende soorten zware stookolie zoals gebruikt in de glastuinbouw	40
Tabel 6 : overzicht producteigenschappen van gasolie voor verwarming zoals gebruikt in de glastuinbouw	41
Tabel 7 : overzicht aandeel van verschillende brandstoffen in de glastuinbouw (BBT glastuinbouw, 2005)	41
Tabel 8 : overzicht van de hoeveelheid gebruikte vloeibare fossiele brandstoffen in de glastuinbouw (energiebalans, 2007)	42
Tabel 9 : overzicht emissiegrenswaarden voor stookinstallaties op vloeibare fossiele brandstoffen	43
Tabel 10 : samenstellingseisen van de verschillende typen destillatie marine brandstoffen	45
Tabel 11 : samenstellingseisen van verschillende typen residu marine brandstoffen	46
Tabel 12 : brandstofverbruik in de scheepvaart (energiebalans 2007)	48
Tabel 13 : emissienormering voor de zeescheepvaart	50
Tabel 14 : emissienormering voor binnenscheepvaart	51

Lijst van figuren

Figuur 1 : overzicht van de belangrijkste producten die geproduceerd worden in de verschillende onderdelen van een raffinaderij	24
Figuur 2 : overzicht van de samenstelling van afgewerkte smeerolie en de herkomst van de contaminanten	28
Figuur 3 : schematisch overzicht verwerkingsinstallatie WOS Hautrage	33
Figuur 4 : schematisch overzicht verwerkingsinstallatie van North Refinery	36
Figuur 5 : illustratief overzicht van de mogelijke toepassingen van afgewerkte olie in de Verenigde Staten, inclusief het gebruik als bunkerbrandstof.	48
Figuur 6 : overzicht van NOx-vormende mechanismen bij verbranding	60
Figuur 7 : overzicht van de totale milieu-impact door verbranding van opgewerkte afgewerkte olie en stookolie	62
Figuur 8 : overzicht schade aan ecosystemen, door verbranding van opgewerkte afgewerkte olie, lichte en zware stookolie	63
Figuur 9 : overzicht schade aan ecosystemen door de aanwezigheid van S en zware metalen in opgewerkte afgewerkte olie, lichte en zware stookolie	64
Figuur 10: overzicht schade aan ecosystemen door de aanwezigheid van zware metalen in opgewerkte afgewerkte olie, lichte en zware stookolie	65
Figuur 11 : overzicht schade aan humane gezondheid, door verbranding van opgewerkte afgewerkte olie en zware stookolie	66
Figuur 12 : overzicht van schade aan humane gezondheid veroorzaakt door de aanwezigheid van S en zware metalen in opgewerkte afgewerkte olie, lichte en zware stookolie	67
Figuur 13 : overzicht schade aan humane gezondheid, veroorzaakt door de aanwezigheid van zware metalen in opgewerkte afgewerkte olie, lichte en zware stookolie	68

Literatuurlijst

Analyse van het milieuprofiel van het WOS kraakproces, RDC, 2000.

Assessment of Opportunities to increase the recovery and recycling of waste oil, Graziano, D.J and Daniels, J., 1995. Department of Energy Argonne National Laboratory.

Audier, M., Visser, R.G., Lamé, F.P.J., Nieuwenhuis, R., 2004. Onderzoek ongewenste bijmengingen in scheepsbrandstoffen. IIS, Spijkenisse.

Best Available Techniques for Mineral oil and gas refineries, 2003.

Best Available Techniques for Waste treatment, 2005.

Beste Beschikbare Technieken voor de glastuinbouw. Derden, A., Goovaerts, L., Vercaemst, P., Vrancken, K., 2005. Gent, Academia press, xii + 290 p.

Beste Beschikbare Technieken voor Stookinstallaties en stationaire motoren, L. Goovaerts, W. Luyckx, P. Vercaemst, G. De Meyer en R. Dijkmans, 2002. Gent, academia press, XV + 384 p.

De inschakeling van landolie voor de voorbehandeling tot bunkering. Magchiels, V en Gysen, M., 2001. rapportnummer 2001/MIT/R/133

End of waste Criteria, final report. European Commission, Joint Research Center, Institute for Prospective Technological Studies. <http://www.jrc.ec.europa.eu>

Energiebalans Vlaanderen 2007, Aernouts, K. en Jespers, K., 2009. rapportnummer 2009/TEM/R/90, 184 p.

Environmental assessment of used oil management methods. Boughton B., Horvath A. , 2004. in Environmental science & technology, vol 38, nr. 2, 2004. p. 353-358.

Heavy fuel oils (1998) Concawe, Brussels, May 1998.

Luchtemissie van schadelijke stoffen bij zeeschepen. Broekman, M.H., 2007. rapportnummer 20070002 IMD mhb, 60p.

ISO 8217 : 2005(F)

Improving used oil recycling in California, CIWMB (2008)
(www.ciwmb.ca.gov/publications/)

In-Use marine diesel fuel, EPA

Onderzoek ongewenste bijmenging in scheepsbrandstoffen. Audier, M., Visser, R.G., Lamé, F.P.J. en Nieuwenhuis, R., 2004. rapportnummer ISS 04X01, 17 p.

MIRA Achtergronddocument 2007, Transport

Radioactivity concentraion and heavy Metal content in fuel oil and oil-ashes in Venzuel. Barros H., et al., 2005. Radioprotection,. Suppl. 1, Vol 40 (2005) S183 – S189.

Used oil in bunker fuel : a review of potential human health implications. Denton, J. et. al., 2004. <http://oehha.ca.gov/risk/pdf/UsedOilInBunkerFuel.pdf>

Valorlub, jaarverslag 2008

Vorbereidende studie voor de ontwikkeling van emissiemodellen voor spoor en scheepvaart. I. De Vlieger, K. Aernouts, K. Jespers, F. Lefebvre, H. Joul en E. Cornelis, 2004. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2004/02, Vito, Integrale Milieustudies - VMM.

Voorstel tot regelgeving : gebruik afgewerkte olie in Vlaanderen. Devoldere, K. en Laethem B., 1997. rapportnummer 1997/GRO/R/019.

www.total.be

www.plazamarinefuel.com

www.devosenergie.be

www.senternovem.nl

www.wikipedia.org

Bijlage A: Overzicht literatuurgegevens over de samenstelling van afgewerkte olie

Onderstaande tabel werd gebruikt voor het bepalen van de minimum en maximum gehalten aan contaminanten in afgewerkte smeerolie, zoals weergegeven in Tabel 1 van het rapport. Indien voor een parameter zowel meetresultaten onder de detectielimiet vermeld zijn als effectief gemeten waarden, werd de waarde onder de detectielimiet niet opgenomen in de samenvattende tabel. Indien er voor een range van waarden (zoals gevonden in de literatuur) ook een gemiddelde waarde werd gevonden, werd met deze gemiddelde waarde gewerkt. Dit werd zo gedaan omdat uit de ranges in combinatie met de gemiddelde waarde vaak bleek dat het maximum gehalte vaak als een uitschieter beschouwd moet worden.

component	eenheid	concawe	økopol	VITO	OEHHA/CEPA	Raymond et. Al.	
						auto	truck
Al	ppm	sporen				22	10
As							
Ba	ppm	< 100				480	36
Ca	ppm	1000 - 3000				700	780
Cd	ppm		<0,3 - 0,4	0,5 - 0,8			
Co	ppm		2,2 - 15				
Cu	ppm	sporen	25 - 117	10-38		17	18
Cr	ppm	sporen	3,2 - 16	4,3 - 10		21	3
Fe	ppm	100 - 500				260	180
Mg	ppm	100 - 500				1600	1100
Mo							
Mn	ppm		0 - 50			3	<dl
N	ppm						
Ni	ppm	sporen	2,2 - 7,9	10-20		< DL	<dl
Pb	ppm	100 - 1000	62 - 86	10 - 238		7500	75
Si	ppm	50 - 100					
Sn	ppm	sporen	1,1 - 5,8			5	3
V	ppm		1-17	10-35		<DL	<dl
Zn	ppm	500 - 1000	615 - 753		90 - 1550	1500	1300
sulfaatas	gew%		0,74 - 1,38				
watergehalte	gew%	5-10	4-7	0,17 - 4,3			
sediment gehalte	gew%		0,75 - 1,21	0,08 - 0,78	0,65		
zwavelgehalte	gew%	0,2 - 1	0,59 - 1,03	0,43 - 1,2	0,29 - 0,5		
chloor	gew%		0,018 - 1,03				
som halogenen	ppm	300	0,018 - 0,12	100 - 580			
fosfor	ppm	500 - 1000				1400	1350
lichte KWS	gew%	5-10					
PAK's	ppm	< 1000	300 - 400	0,045 - 2,5			
PCB's/PCT's	ppm		<0,5 - 1,8	0,26 - 4			
solventen	gew%						

component	eenheid	Colton et al.	Becker&Comeford (1980)		US EPA (1984)	Mumford et al. (1986)	Vazquez-Duhalt & Greppin (1986)
			range a	range B			
Al	ppm	4-41 (15)	<0,5-758				
As					<0,1-100 (17,3)		
Ba	ppm	10-693 (287,4)	9-3906		<dl-3906 (131,9)		
Ca	ppm	969-3986 (1557)	211-2291			347,5	
Cd	ppm				<dl-57 (3,1)	0,1	0,5
Co	ppm					0,25	
Cu	ppm	6-56 (28,5)				27,5	6
Cr	ppm	5-24 (10,6)			<dl - 690 (28)	<dl	1
Fe	ppm	88-655	97-2401			130	
Mg	ppm	8-999				115	
Mo							
Mn	ppm	1-8				7,5	
N	ppm						
Ni	ppm	<dl - 5				8,5	0,6
Pb	ppm	19-13885	85-21676	4770-13110	<dl - 21700 (664,5)	25	3092
Si	ppm						
Sn	ppm	<dl - 14 (4,5)					
V	ppm	<dl					
Zn	ppm	80-2500 (1061)	260-1787		0,5 - 8610 (580,3)	265	1129
sulfaatas	gew%						
watergehalte	gew%						
sediment gehalte	gew%						
zwavelgehalte	gew%						
chloor	gew%		0,17-1,09	0,38-40,44			
som halogenen	ppm		0,17-0,47	0,1140-0,33	0,01-45,9 (0,495)		
fosfor	ppm	81-1393	319-1550			32277	
lichte KWS	gew%						
PAK's	ppm						
PCB's/PCT's	ppm						
solventen	gew%						

component	eenheid	US EPA (1991)			US EPA (1993)	Brinkman & Dickson (1995)
		benzine	diesel	tank		
Al	ppm				2-640 (45)	
As		<1	2	<2,4	1-100 (12)	
Ba	ppm	1-43	1,5-6,4	11,6-32,6	9-160 (66)	
Ca	ppm					
Cd	ppm	0,5-3,4	0,7-3	1,0-5,0	0,6-2,8 (1)	<dl - 5 (< dl)
Co	ppm					
Cu	ppm					
Cr	ppm	0,8-23	1,8-7,1	2,67-5,0	1,0-37 (6)	<dl - 233 (10)
Fe	ppm				58-1300 (240)	
Mg	ppm				5-590 (260)	
Mo						
Mn	ppm					
N	ppm				100-2800 (1000)	
Ni	ppm				170-2100 (1100)	<dl - 265 (29)
Pb	ppm	5,5-150	2,9-19	29-345		
Si	ppm					
Sn	ppm					
V	ppm				0,1-13 (3)	
Zn	ppm				90-1550 (800)	
sulfaatas	gew%					
watergehalte	gew%					
sediment	gew%					
asfalt	gew%				0,27-0,75 (0,5)	
zwavelgehalte	gew%				0,1-0,67 (0,22)	
chloor	gew%					
som halogenen	ppm					
fosfor	ppm					
lichte KWS	gew%					
PAK's	ppm					
PCB's/PCT's	ppm					
solventen	gew%					

<i>component</i>	<i>eenheid</i>	<i>Vermont Agency Nat Res (1996)</i> <i>benzine</i>	<i>Sivia (1998)</i> <i>diesel</i>	<i>Meinz et al. (2004)</i>	<i>CEPA</i>
Al	ppm				5 - 30
As			<10		
Ba	ppm		<2,5	<dl - 0,45 (0,12)	
Ca	ppm	< dl - 7 (2,7)	3,97		2000 - 3000
Cd	ppm	<dl (<0,02)	224		
Co	ppm	<dl - 3,3 (<1,5)	1,03	<dl - 0,86 (0,17)	
Cu	ppm		280		25 - 40
Cr	ppm	<dl - 4,2 (3,2)	<5	2,0 - 17,6 (4,5)	
Fe	ppm		41,6		
Mg	ppm		688		100 - 300
Mo			4,49		5 - 20
Mn	ppm				
N	ppm		2,77		700 - 900
Ni	ppm				50
Pb	ppm	dl - 1,8 (<1,4) < dl - 104 (47,2)	42,5	0,2-66,1 (13,2)	
Si	ppm				30 - 120
Sn	ppm				
V	ppm		<2,5		
Zn	ppm	867-1330 (1161)	1240		1000 - 1200
sulfaatas	gew%				
watergehalte	gew%				
sediment gehalten	gew%				
zwavelgehalte	gew%				0,7 - 0,9
chloor	gew%	0,243 - 0,46 (0,36)	0,212-0,411 (0,25)		0,3 - 0,6
som halogenen	ppm				
fosfor	ppm				
lichte KWS	gew%				
PAK's	ppm				
PCB's/PCT's	ppm				
solventen	gew%				800 - 1200

Becker, D. A., and Comeford, J.J. (1980). Recycled Oil Program: Phase I – Test Procedures for Recycled Oil Used as Burner Fuel. Recycled Oil Program, National Measurement Laboratory, National Bureau of Standards, Washington, D.C.

Brinkman, D.W., and Dickson, J.R. (1995). Contaminants in used lubricating oils and their fate during distillation/hydrotreatment re-refining. Environ. Sci. Technol. 29: 81-86.

CONCAWE, Collection and disposal of used lubricating oil, concawe Rapport no. 5/96, november 1996

Jespens, D en Ahrens, A., Waste oil – fuel or lubricant? Examination for precedence in Accordance with the waste recycling act. Rapport ökopool GmbH, 1997

Cotton, F.O., Whisman, M.L., Goetzinger, J.W., and Reynolds, J.W. (1977). Analysis of 30 used motor oils. Hydrocarbon Processing, September, 1977.

Meinz, Graber, French and Sachet [sic] (2004). Analysis of Used Oil from Gasoline and Diesel Engines and other XXX Sources. Draft Version 2, 4/29/04. State of Washington, Department of Ecology.

Mumford, J.L., Hatch, G.E., Hall, R.E., Jackson, M.A., Merrill, R.G., and Lewtas, J. (1986). Toxicity of particles emitted from combustion of waste crankcase oil: In vitro and in vivo studies. Fundam. Appl. Toxicol. 7: 49-57.

Raymond, R.L., Hudson, J.O., and Jamison, V.W. (1976). Oil degradation in soil. Appl. Environ. Microbiol. 31: 522-535.

Sivia, G., Odion, Z., and Iskander, M. (1998?). Development, Evaluation and Validation of Microwave Digestion, HML 909. U.S. EPA 3050 and HML-SC 3031 Methods for the Analysis of Metals in Oils. California Environmental Protection Agency, Department of Toxic Substances Control, Hazardous Materials Laboratory, Berkeley.

U.S. EPA (1984). Composition and Management of Used Oil Generated in the United States. Office of Solid Waste and Emergency Response. PB85-180297.

U.S.EPA (1991). Hazardous waste management system; General; Identification and Listing of Hazardous Waste: Used Oil. Federal Register, Vol. 56, No. 184. Monday, September 23, 1991.

U.S. EPA (1993). Emission Factor Documentation for AP-42 Section 1.11 Waste Oil Combustion.

Vazques-Duhalt, R., and Greppin, H. (1986). Biodegradation of used motor oil by bacteria promotes the solubilization of heavy metals. Sci. Total Environ. 52: 109-121.

ITO, overzicht olie analyses 1996. interne analyseverslagen LMB, 1996
Vermont Agency of Natural Resources (1996). Vermont used Oil Analysis and Waste Oil Furnace Emissions Study. Revised.