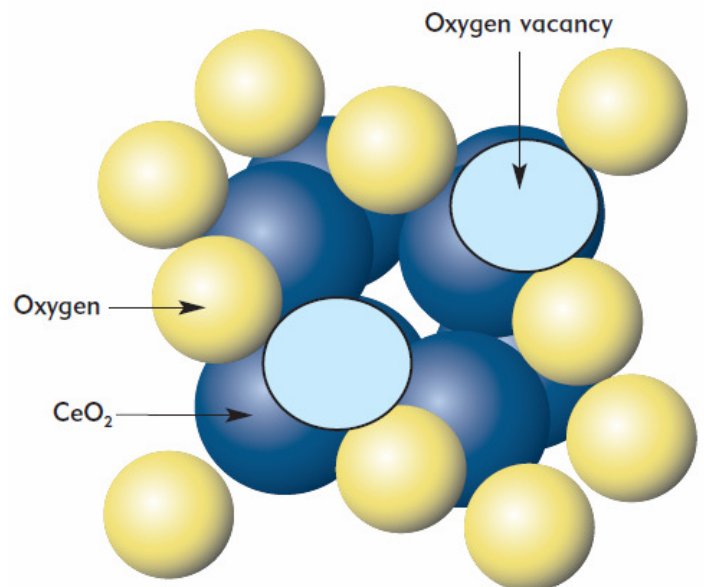


2009

Nano-ceriumoxide als brandstofverbeteraar



Alessia Camozinni
Demitri Demirel
Jeroen Demmer
Universiteit Utrecht
Biologie
*In opdracht van vereniging
Leefmilieu*
4/2/2009

Samenvatting

Dit rapport gaat over Envirox, een product ontwikkeld door het Britse bedrijf Oxonica. Het bevat het nanodeeltje ceriumoxide, wat als een katalysator werkt bij de verbranding van diesel. Het kan worden toegevoegd aan diesel en Oxonica claimt dat het zorgt voor een brandstofbesparing van ongeveer 10%. Verder beweert Oxonica dat het ook de uitstoot van giftige diesel uitstootproducten zoals NO_x, CO en roet vermindert.

Vereniging Leefmilieu wil weten of het gebruik van Envirox risico's met zich meebrengt, want een nanodeeltje kan geheel nieuwe risico's voor het milieu en de gezondheid opleveren. Dit rapport gaat over de mogelijke risico's van nano-ceriumoxide voor de gezondheid van mens en dier en de effecten voor het milieu.

Het onderzoek is op verschillende manieren uitgevoerd, zo is er gebruik gemaakt van literatuur, zijn experts geïnterviewd en is er ge-e-maild met verschillende instanties en bedrijven. Dit leverde veel nieuwe inzichten over het nanodeeltje op.

Er werden zowel positieve als negatieve inzichten vergaard uit verschillende onderzoeken. Uit het literatuuronderzoek kwam bijvoorbeeld dat er aan de hand van dierproeven was vastgesteld dat nano-ceriumoxide voor stress kan zorgen in longcellen. Dit houdt in dat de cel reageert op het deeltje en daardoor worden de processen in de cel verstoord. Er is aangetoond dat nanodeeltjes gemakkelijk de menselijke barrières zoals vliezen en epidermale cellen doorkruizen. Bij dierproeven zijn nanodeeltjes terug gevonden in de hersencellen. De mogelijkheid dat het nanodeeltje ceriumoxide dit ook kan bestaat. Uit andere onderzoeken is juist weer gebleken dat ceriumoxide haast niet voor stress in de longcellen zorgt. Ook hebben onafhankelijke wetenschapsinstellingen in opdracht van Oxonica testen gedaan. Daarbij werd gekeken of de hoeveelheid nano-ceriumoxide dat vrijkomt bij verbranding schadelijk kan zijn voor mensen. De testresultaten lieten zien dat het nano-ceriumoxide geen risico voor de gezondheid van mens en dier oplevert.

Op het gebied van milieu is minder onderzoek gedaan. Er is gekeken naar onderzoek van de nanodeeltjes in water. In dit onderzoek werd gekeken hoe de deeltjes zich gedroegen in water. Ook is er gekeken of nano-ceriumoxide invloed had op de eieren van de zebravissen en de ontwikkeling van de guppies.

Verschiedende onderzoeken laten zien dat er weinig risico's zijn voor waterorganismen. Omdat waterorganismen een maat voor de gezondheid van het watermilieu zijn, verwacht men geen grote toxische effecten op waterige milieus. Over de toxische effecten van nano-ceriumoxide op bodemorganismen is te weinig bekend om uitspraken te kunnen doen. Het zelfde geldt voor de lucht. Oude studies naar gezondheidseffecten van nano-ceriumoxide zijn overwegend positief. Daarmee wordt bedoeld dat de resultaten van deze studies geen gevaarlijke risico's van nano-ceriumoxide vinden. Nieuwe studies vinden wel meer risico's bij het gebruik van nano-ceriumoxide. Zo wordt er cytotoxische en eerder genoemde oxidatieve stress in longweefsels gevonden. Het recentste onderzoek vindt ook DNA schade aan huid fibroblasten en legt de verbinding tussen oxidatieve stress en de DNA schade. De dosis nano-ceriumoxide die vrijkomt bij de diesel uitstootproducten is niet volledig bekend en zou mogelijk lokaal hoge concentraties kunnen bereiken. Ook is het niet bekend of nano-ceriumoxide in de lucht op nanogrootte blijft.

Dit rapport probeert een zo breed mogelijk beeld te geven van de voordelen en de nadelen van de toevoeging van nano-ceriumoxide aan brandstof.

Doordat de meeste recente publicaties wel negatieve effecten vinden van nano-ceriumoxide, worden oude publicaties in twijfel getrokken.

De conclusie is dan ook dat er meer onderzoek zou moeten worden gedaan naar nieuwe gevonden negatieve effecten, om te kijken of deze effecten op kunnen treden bij de dosis die vrij zal komen bij het gebruik van Envirox. Wanneer dit het geval is kan Envirox wel degelijk een gevaar zijn voor de gezondheid van mens en dier. Wanneer deze negatieve effecten haast niet optreden bij de vrijkomende dosis, kan er voorzichtig worden gezegd dat de positieve effecten van Envirox opwegen tegen de negatieve effecten. Dit omdat het economisch verantwoord is om te gebruiken en omdat het gevaarlijke diesel uitstootproducten terugdringt die schadelijk zijn voor de gezondheid en het milieu.

Disclaimer

Dit rapport is gemaakt door studenten van de Universiteit Utrecht als onderdeel van hun bacheloropleiding. Het is géén officiële publicatie van de Universiteit Utrecht.

Voorwoord

In dit rapport wordt er informatie gegeven over de mogelijke risico's van het nanodeeltje ceriumoxide in diesel. Het is uitgevoerd door 3 studenten van de universiteit van Utrecht.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van vereniging Leefmilieu. Het maakt onderdeel uit van een project wat Leefmilieu in 2008 is gestart. Het heet "Nanodeeltjes en hun onbekende effecten voor mens en milieu." De bedoeling van Leefmilieu met dit project is om debatten over de milieueffecten van nanotechnologie op gang te brengen. Er worden meerdere casussen zoals deze uitgewerkt over andere voorbeelden van nanotechnologie in producten. De informatie uit deze rapporten worden gebruikt om bijeenkomsten en workshops te geven over het onderwerp.

Inhoud

Disclaimer	4
1. Samenvatting	2
2. Voorwoord	5
3. Inleiding	7
3.1 Doelstelling, onderzoeksvragen en afbakening	7
3.2 Werkwijze	8
4. Nano-ceriumoxide als brandstofverbeteraar	9
4.1 Oxonica	9
4.2 Envirox en de werking nano-ceriumoxide	10
4.3 Huidige toepassing	11
5. Economische effecten	12
5.1 Brandstofbesparing	12
5.2 Onderhoud van de motor	13
6. Milieu effecten	14
6.1 Lucht	14
6.2 Water	14
7. Gezondheidseffecten	16
7.1 Positieve effecten	16
7.2 Toxicologische effecten	16
8. Overweging	20
9. Conclusie	22
10. Referenties	23
11. Bijlages	26
11.1 Bijlage 1 (contacten)	26
11.2 Bijlage 2 (mails en interviews)	27
11.3 Bijlage 3 (publieke samenvatting)	32

3. Inleiding

Nanotechnologie wordt steeds meer toegepast, het wordt gebruikt in de technische industrie maar ook in de medische industrie. Voorbeelden hiervan zijn de steeds kleiner wordende chips en het gebruik van nanodeeltjes voor het transport van geneesmiddelen. Nanoproducten zijn producten die in grootte variëren van 1 tot 100 nanometer, dit is van 0,001 μm tot 0,1 μm .

Met nanotechnologie is er een hele reeks aan nieuwe mogelijkheden ontstaan. Maar de technologie brengt ook nieuwe risico's met zich mee. De laatste jaren beginnen onderzoekers te wijzen op deze risico's. Het resultaat van dierproeven laten bijvoorbeeld zien dat nanodeeltjes van bepaalde stoffen veel giftiger kunnen zijn dan dezelfde stof in gewone vorm. De deeltjes zijn 10 nanometer groot, bij deze grootte ontstaan nieuwe risico's. Sommige stoffen van deze grootte kunnen ongemerkt cellen binnenglijpen. Wanneer zulke deeltjes eenmaal een cel binnen zijn, kunnen ze daar veel schade aanrichten. Ze kunnen eiwitten en enzymen vervormen die het molecuul opnemen in hun structuur. Hierdoor kunnen essentiële processen in de functie van de cel verstoord worden. Wat ook kan gebeuren is dat de stof de celkern binnentreedt en daar voor mutaties in het DNA zorgt. Dit zijn een paar mogelijke risico's die nanodeeltjes met zich meebrengen, het wil niet zeggen dat elke stof in nanovorm deze risico's heeft.

Dit rapport wordt geschreven in opdracht van vereniging Leefmilieu. De vereniging Leefmilieu is een vereniging die zich vooral bezig houdt met milieuproblemen in relatie tot gezondheid. Dit houdt in dat ze kijken naar onder meer de luchtkwaliteit en het groen in de stad. De vereniging wil onder andere de kennis die ze vergaart over nanotechnologie overbrengen aan geïnteresseerde leken. Dit doet ze door casussen uit te diepen en deze als voorbeeld te gebruiken. Leefmilieu heeft vorig jaar een rapport laten schrijven over nanodeeltjes in zonnebrandcrème. Dit alledaagse product is één van deze bekende casussen, iedereen kent zonnebrandcrème en velen gebruiken het in de zomer. Een technisch lastig probleem als nanotechnologie is aan de hand hiervan gemakkelijker toe te lichten. Dit is de manier waarop Leefmilieu werkt in het kader van het project 'Nanodeeltjes en hun onbekende effecten voor mens en milieu'.

In 2008 is Leefmilieu begonnen met het project over de risico's van nanodeeltjes. Voor dit project maken ze gebruik van een subsidieregeling uitgegeven door SenterNovem. SenterNovem is een agentschap van het ministerie van Economische Zaken, namens de overheid bieden zij programma's en regelingen aan op het gebied van duurzaamheid en innovatie op milieugebied. In 2008 is het bovengenoemde projectvoorstel 'Nanodeeltjes en hun onbekende effecten voor mens en milieu' goedgekeurd door SenterNovem. De subsidieregeling valt onder de regeling SMOM van SenterNovem. Deze afkorting staat voor: Subsidie regeling Maatschappelijke Organisaties en Milieu. Via SMOM kunnen maatschappelijke organisaties geld krijgen voor projecten die gericht zijn op duurzaamheid of innovatie.

3.1 Doelstelling, onderzoeksvragen en afbakening

Het doel van dit rapport is een overzicht geven van de mogelijke risico's en effecten voor de gezondheid van mens en dier en voor het milieu van nano-ceriumoxide. Verder wordt er gekeken of Envirox al in Nederland wordt toegepast. Een meer specifiek antwoord wordt verkregen door de volgende onderzoeksvragen:

1. Wordt $n\text{CeO}_2$ in Nederland toegepast? Zo ja op welke schaal en zo nee bestaan daar wel plannen voor?

2. Wat is er bekend over de gezondheidseffecten door de toevoeging van deze nanodeeltjes aan diesel?
3. Wat is er bekend over de milieueffecten door de toevoeging van deze nanodeeltjes aan diesel?

Het doel van dit rapport is gericht op beantwoording van deze onderzoeksvragen. Er wordt vooral onderzoek gedaan naar de effecten van $n\text{CeO}_2$. Eerst was er de gedachte om ook te kijken naar de wetgeving met betrekking tot nanodeeltjes binnen de Europese Unie, een goede wetgeving ontbreekt namelijk. Er is besloten dit niet te betrekken in het verslag wegens tijdgebrek.

3.2 Werkwijze

Het onderzoek wordt op verschillende manier uitgevoerd. Het grootste deel van de informatie is verkregen door literatuuronderzoek. Deze literatuur is voornamelijk gevonden of gekregen in de vorm van wetenschappelijke artikelen en de referenties hiervan staan in de bijlage.

In het begin van het onderzoek zijn twee lezingen over nanotechnologie bezocht. De namen van deze lezingen zijn:

‘Small particles big impact?’ gegeven door vereniging Leefmilieu en ALTERRA aan de Universiteit van Wageningen.

‘Nanotechnologiën: verwachtingen en gevaren’ gegeven door het Franse Consulaat aan Maison Descartes te Amsterdam.

Tijdens het onderzoek is een bezoek gebracht aan een expert op het gebied van toxicologie. De expert was Raymond Pieters, toxicoloog aan de Universiteit van Utrecht. Verder is er een gesprek geweest met twee onderzoekers van het RIVM, zij hadden onderzoek gedaan naar $n\text{CeO}_2$. Tijdens dit gesprek met Dik van de Meent en Joris Quik is er gepraat over hun onderzoek en bevindingen. Hierbij hebben we nog niet gevonden literatuur opgestuurd gekregen.

Verder is er contact geweest via de e-mail met externe experts en contactpersonen voor vragen. De mails staan in de tweede bijlage.

Er is een mailingsessie geweest met Mike Atfield, een medewerker van Oxonica. Hij heeft wetenschappelijke artikelen opgestuurd die gaan over de testen met $n\text{CeO}_2$, uitgevoerd voor Oxonica. Er is gemaïld met Shell, wegens bedrijfsgeheimen liep deze bron helaas dood.

Er is gemaïld met Bovag en belangenvereniging tankstations BETA om erachter te komen of zij wisten wat Envirox was en wat de mogelijke risico's ervan zijn. Hun reactie was dat ze de verantwoording bij de importeur leggen en ook verhaal halen bij de producent wanneer er problemen ontstaan.

Als laatste zijn andere milieuverenigingen gemaïld om ze te vragen of er door hun ook een dergelijk onderzoek liep. Deze mogelijke bronnen liepen op niets uit. Ook milieudefensie had geen informatie voor ons.

4. Nano-ceriumoxide als brandstofverbeteraar

4.1 Oxonica

Het bedrijf Oxonica is de ontwikkelaar van Envirox, Oxonica is begonnen als een spin-off van de universiteit van Oxford. Ze hadden een financiering van 750.000 pond en het was opgezet voor de ontwikkeling van twee producten. Één daarvan is nu bekend als Optisoltm, een product dat UV straling absorbeert en in verschillende zonnebrandcrèmes zit. Vanaf daar is Oxonica gegroeid tot een bedrijf wat nu activiteiten heeft in verschillende branches.

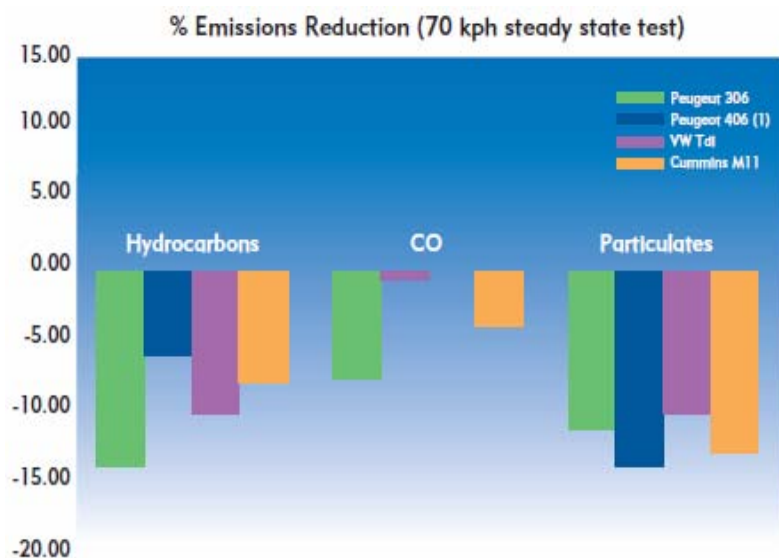
Nu richten ze zich hoofdzakelijk op hun nieuwe product Envirox. Sinds 2001 heeft Oxonica patent op de nano-ceriumoxide technologie en in 2003, na het rond hebben van een financiering, is het bedrijf begonnen met de ontwikkeling van Envirox (Wakefield *et al*, 2008).

Het product is gezien de dreigende brandstof tekorten en het klimaatprobleem aantrekkelijk. Door de industrialisatie in Europa is er een grote stijging in gebruik van fossiele brandstoffen geweest. 50% hiervan wordt gebruikt door de transportsector. Elk jaar komt er ongeveer 12 miljoen ton aan roet vrij in de atmosfeer door de transportsector. 45% hiervan is van voertuigen die op diesel rijden (Wakefield *et al*, 2008). Hierdoor wordt Envirox een aantrekkelijk product voor veel transportbedrijven. Eén van de belangrijkste uitdagingen voor Oxonica was ook om de efficiëntie van Envirox te bewijzen in testen buiten het laboratorium. Wetenschappelijk bewijs van de werking had Oxonica al, maar om klanten te kunnen trekken moesten er veldstudies worden gedaan om de efficiëntie te bewijzen.

Oxonica heeft twee grootschalige testen gedaan buiten het laboratorium om dit te bewijzen. Eén hiervan was bij een busbedrijf dat door heel Engeland bussen heeft rijden. In noordwest Engeland werd met 1000 bussen een, 6 maanden durende, test gehouden. In de eindanalyse werden 370 bussen bestaande uit 15 verschillende typen bussen geanalyseerd die buiten de grote stad reden. Nog eens 315 bussen werden geanalyseerd die in Londen reden. Er werd na 7 maanden een reductie in brandstofgebruik van 5 tot 7 procent waargenomen.

Oxonica heeft ook testen gedaan naar de diesel uitstootproducten, de testresultaten zijn verwerkt in grafiek 1. De test is uitgevoerd op verschillende modellen auto's: de Peugeot 306, de Peugeot 406, de Volkswagen TDI en de Cummins M11.

In deze grafiek is goed te zien dat de uitstoot van koolwaterstofverbindingen en partikels (zoals fijn stof) met 5 tot 15% afneemt bij gebruik van Envirox. Deze percentages verschillen per type auto.

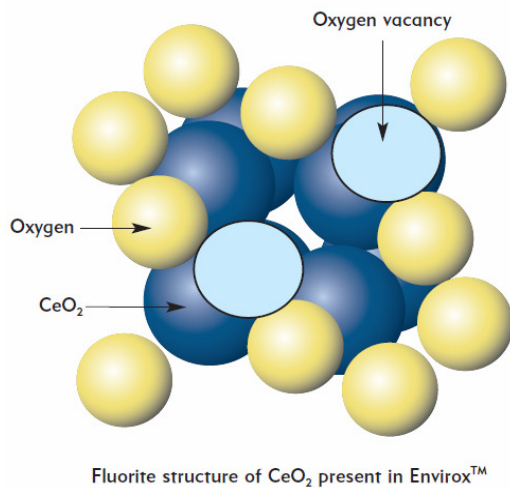


Grafiek 1: Weergegeven de testresultaten van de proef naar reductie van diesel uitstootproducten door Envirox. De test is uitgevoerd met verschillende typen auto's en gemeten werd de uitstoot van koolwaterstofverbindingen, koolstofmonoxide en partikels (fijn stof). Grafiek van oxonica.com.

4.2 Envirox en de werking van nano-ceriumoxide

In 1970 is men begonnen met het terugdringen van uitlaatgassen van auto's. De, op CeO_2 gebaseerde, drie weg katalysator is toen ontworpen. Deze katalysator zit nu in vrijwel alle voertuigen (Gross *et al*). Tegenwoordig zijn de katalysatoren veel ingewikkelder maar CeO_2 blijft een belangrijke component. Dit komt door zijn zuurstof opslag mogelijkheden (Trovarelli 2002). Ceriumoxide heeft de eigenschap dat het zuurstof kan afstaan en opnemen in zijn kristal structuur. Deze mogelijkheid wordt beïnvloed door de omgeving waarin het molecuul zich bevindt. Wanneer het toegevoegd wordt aan een zuurstofarm milieu zal het zuurstof doneren aan die omgeving. Op deze manier is ceriumoxide een katalysator in verbrandingsmotoren omdat het de verbranding bevordert. Door het afstaan van zuurstof helpt het bij de verbranding van koolwaterstofverbindingen en roet waardoor er minder verontreinigende stoffen vrijkomen (Wakefield *et al*, 2008).

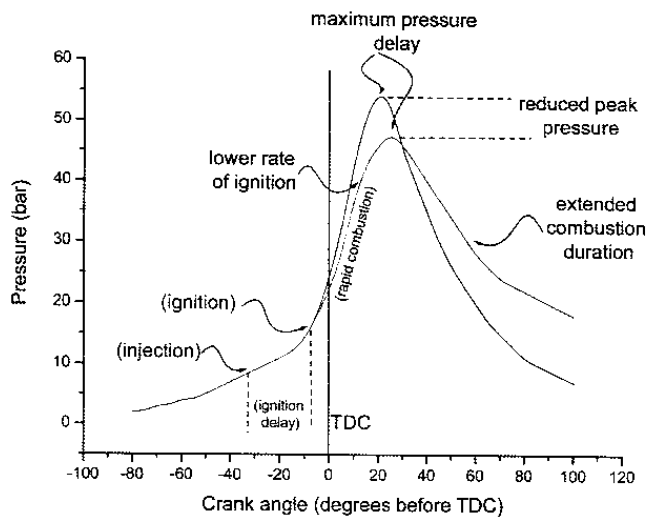
In figuur 1 is een stukje van de opbouw van een nano-ceriumoxidekristal weergegeven. In dit figuur is te zien dat zuurstof bindt aan het CeO_2 en zo zijn functie als katalysator uitvoert.



Figuur 1: weergegeven een stukje van de kristalstructuur van $n\text{CeO}_2$ in Envirox. Zuurstof bindt aan de CeO_2 aanwezig in Envirox. Figuur van oxonica.com

De werking van Envirox is toe te schrijven aan de nano-ceriumoxide ($n\text{CeO}_2$) deeltjes. Deze deeltjes hebben een grootte van 8 tot 10 nanometer. Envirox moet toegevoegd worden aan diesel in een hoeveelheid van 5-8ppm. Het kan zonder aanpassingen aan de motor worden toegevoegd. Oxonica beweert dat Envirox drie positieve effecten heeft voor het voertuig. Ten eerste vermindert Envirox het dieselvebruik, vermindert de hoeveelheid diesel uitstootproducten en blijft de motor beter schoon doordat het helpt afzettingen in de motor te verbranden.

In grafiek 2 is de werking van Envirox te zien in een normale dieselmotor cilinder. Deze test is uitgevoerd in het laboratorium op de cilinder. In de grafiek is de druk in de cilinder weergegeven, variërend met de hoek van de trapas. Twee grafieklijnen zijn te zien, de grafieklijn met het hoogste drukpunt is de brandstofverbranding zonder Envirox. In de grafiek is te zien dat Envirox zorgt voor een lagere druk in de cilinder. Door de lagere druk in de cilinder worden de NO_x emissies gereduceerd (Wakefield *et al*, 2008). Doordat de verbranding in de cilinder langer duurt, ontstaat er een reductie van koolwaterstofverbindingen en een afname in brandstofconsumptie van 8-9% (Wakefield *et al*, 2008). Deze langere verbranding wordt veroorzaakt doordat de $n\text{CeO}_2$ deeltjes in het laatste deel nog extra zuurstof afgeven omdat het een meer zuurstofarme omgeving wordt tijdens de verbranding (Wakefield *et al*, 2008). Door het vrijkomen van de extra zuurstof maakt Envirox de derde bewering van Oxonica waar. Op langere termijn zal er roet worden afgezet in de motor. De extra zuurstof kan deze depositie oxideren en daarmee zijn massa in de cilinder verminderen (Wakefield *et al*, 2008).



Grafiek 2: Weergegeven de verbranding met en zonder Envirox in een normale diesel motor cilinder. Het effect van Envirox komt duidelijk naar boven TDC staat voor Top Dead center, bij TDC is de zuiger van de cilinder het verst weg van de trapas. Grafiek van Wakefield et al, 2008.

4.3 Huidige toepassing

In Europa lopen in verschillende landen proeven met Envirox, sommige van die landen hebben de proeven al afgesloten. Zo heeft Oxonica onlangs twee grote distributie contracten afgesloten met bedrijven in Duitsland en Rusland.

In Italië is er net een proef afgesloten met een busmaatschappij. Het resultaat uit deze proef was een brandstofbesparing van 4,8% na 3 maanden en 10,6% na 6 maanden. Dit verschil is te verklaren doordat Envirox de afzettingen in de cilinder minder maakt. Dit proces neemt tijd in en daardoor zie je pas na 6 maanden een grote besparing. Ook in Tsjechië lopen er testen.

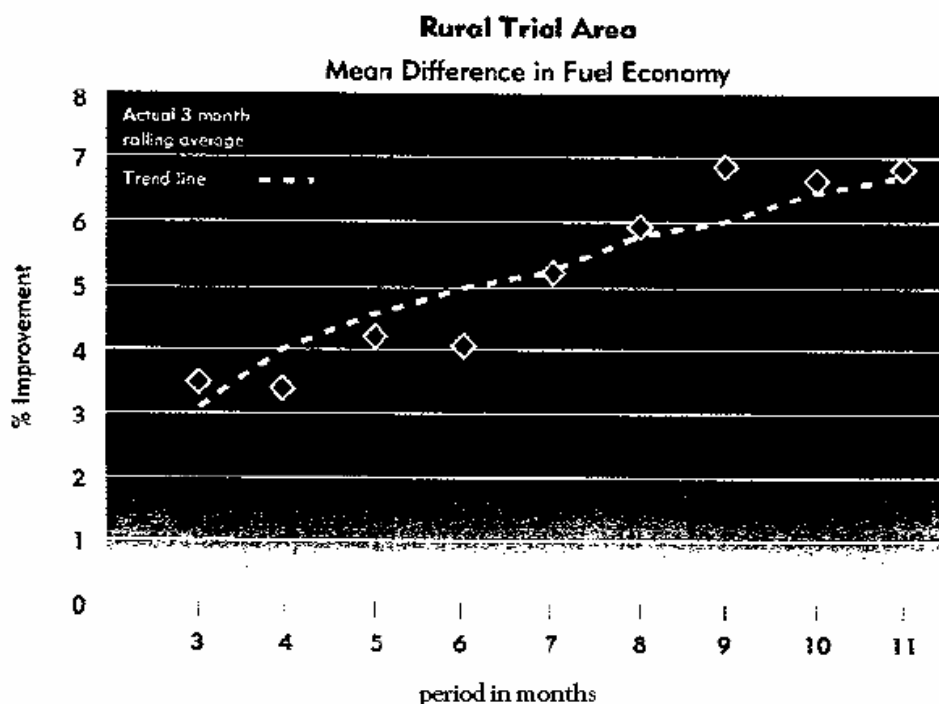
Het bedrijf heeft ook al meerdere distributeurs in verschillende landen. Zo heeft het distributeurs in Duitsland, Denemarken, Rusland, Nieuw Zeeland, Slowakije, Hongarije, Polen, Oostenrijk, Singapore en Taiwan. Natuurlijk heeft het bedrijf ook distributeurs in het Verenigd Koninkrijk. StageCoach, het grootste busbedrijf van Engeland maakt gebruik van Envirox. (Flux,2008)

In Nederland wordt Envirox nog niet toegepast. Een medewerker van Oxonica vertelde dat ze wel in contact zijn met iemand hier in Nederland. Een manager van een transportbedrijf is in gesprek met Oxonica. Er is nog geen beslissing genomen of er een proef gaat lopen met Envirox.

5. Economische effecten

5.1 Brandstofbesparing

Nano-ceriumoxide is een katalysator die de verbranding van diesel kan verbeteren. Volgens de producent (Oxonica) kan een toevoeging van nano-ceriumoxide een brandstofbesparing van 10% opleveren (www.oxonica.com). Echter blijkt door testen uitgevoerd door Oxonica zelf, dat de effectieve dieselbesparing ongeveer 5% is. De eerste proef was gedaan in 2003-04 in noordwesten van Engeland en Londen. Envirox werd toegevoegd aan de diesel die gebruikt werd door de bussen van een grote busmaatschappij (StageCoach). Na 12 maanden gebruik te hebben gemaakt van Envirox, werd de diesel besparing berekend. Het bleek dat de bussen meer dan 5% minder brandstof hadden gebruikt in de stad van Londen en meer dan 6% minder gebruikt in de rest van de regio (grafiek 3) wanneer er Envirox aan de diesel was toegevoegd. (Wakefield *et al.* 2008).



Grafiek 3 : brandstofbesparing bij een grootschalige proef met Envirox. Grafiek van Wakefield *et al.* 2008.

Een soortgelijke test was uitgevoerd in 2007 in het noordwesten van Engeland. Ook deze keer werd Envirox toegevoegd aan de diesel van een grote busmaatschappij. Dit experiment duurde drie maanden en ook roetuitstoot van de bussen werd gemeten. Aan het einde van de periode bleek dat de bussen met Envirox 4.3% minder diesel hadden gebruikt en 18% minder roet hadden uitgestoten (www.oxonica.com).

Voor een consument zal de toevoeging van nano-ceriumoxide in de vorm van Envirox aan zijn diesel economisch voordelig zijn. We kunnen als voorbeeld iemand nemen die een auto heeft die gemiddeld 6,5l diesel gebruikt voor 100km. Hij rijdt vijf dagen per week 30km naar zijn werk en rijdt weer 30km

terug. We nemen als adviesprijs voor diesel 0,99 euro per liter (adviesprijs in Nederland op 21-3-2009 volgens www.brandstof-zoeker.nl). Deze man zal per maand dus 77,9 euro betalen en per jaar ongeveer 935,1 euro. Als we er vanuit gaan dat de brandstof besparing 5% is met Envirox, zal hij 3,9 euro per maand besparen en ongeveer 46,8 euro per jaar. Volgens Oxonica moet 5mg Envirox per liter diesel toegevoegd worden. Volgens hen komen de kosten van Envirox overeen met 1% van de kosten van diesel. Dit wil zeggen dat bij een besparing van 5% diesel, de consument 4% geldbesparing heeft. In dit geval zal de persoon in onze voorbeeld maar 37,4 euro per jaar besparen. Het spreekt vanzelf dat hoe meer de auto wordt gebruikt hoe groter de besparing zal zijn. Daardoor zal het voor sommige consumenten niet veel uitmaken of zij nano-ceriumoxide aan hun diesel toevoegen of niet. Voor busmaatschappijen of vrachtwagentransporteurs zal het wel economisch voordelig zijn om Envirox te gaan gebruiken.

5.2 Onderhoud van de motor

Uit wetenschappelijke studies blijkt dat Envirox een positief effect heeft op het onderhoud van de motor (Wakefield *et al.* 2008). Dit zou komen door het katalytische effect van nano-ceriumoxide (zie paragraaf Envirox en de werking van nano-ceriumoxide). Daardoor zullen er minder koolstof afzettingen aan de motor blijven plakken. Dit zal op de lange termijn voor minder vervuiling van de motor zorgen, die daardoor ook minder snel kapot zal gaan en dus minder snel onderhoud nodig zal hebben. Minder vervuiling van de motor zal dus ook voor een economische besparing zorgen. Echter is het in dit geval niet mogelijk om de besparing te kwantificeren omdat er nog geen test is uitgevoerd die de levensduur van de motor test in verband met het gebruik van nano-ceriumoxide.

6. Milieu effecten

6.1 Lucht

Nano-ceriumoxide wordt niet alleen om economische redenen aan brandstof toegevoegd. De toevoeging van Envirox aan diesel zal een verlaging van CO₂ uitstoot veroorzaken. Ook zorgt het voor een verlaging van roet, koolwaterstofbindingen en koolmonoxide uitstoot (Wakefield *et al.* 2008). Volgens het onderzoek uitgevoerd door Oxonica in 2007 zal de roetuitstoot zelfs 18% minder zijn met het gebruik van Envirox (www.oxonica.com).

Volgens Wakefield *et al.* (2008) en BASF (The Chemical Company), heeft Envirox een potentieel 'global warming' reducerend effect. Zij baseren hun hypothese op het feit dat er minder CO₂ uitstoot in de lucht zal komen door het gebruik van Envirox. Dit wordt ook gerealiseerd doordat er minder diesel geproduceerd zal worden, een proces waarbij veel CO₂ in de lucht vrijkomt. Zij gaan er echter vanuit dat geen nieuwe consumenten diesel zullen gaan gebruiken. Wij vermoeden dat bij een economisch voordeel van diesel gebruik, steeds meer mensen diesel in plaats van een andere brandstof zullen gaan gebruiken. Als dat zo zal zijn, zal er meer diesel geproduceerd worden en dus ook meer CO₂ in de lucht vrijkomen.

De toevoeging van nano-ceriumoxide aan diesel zal ook risico's voor het milieu met zich kunnen meebrengen, voor de lucht en vervolgens voor de grond en voor het water.

Park *et al.* (2008) hebben geprobeerd om het nano-ceriumoxide gehalte te meten dat op de bodem terecht zal komen na de invoering van Envirox als brandstofverbeteraar. Ze hebben de hoeveelheid nano-ceriumoxide op de bodem gemeten op drie plaatsen waar bussen rijden die Envirox gebruikten. Deze gegevens zijn vergeleken met het gehalte nano-ceriumoxide op de bodem van plaatsen waar bussen rijden die geen Envirox gebruikten. Uit hun resultaten concluderen ze dat de hoeveelheid nano-ceriumoxide op de bodem zal toenemen na gebruik van Envirox. Echter hebben zij maar een heel klein onderzoek uitgevoerd en ze houden niet rekening met de grootte van de nano-ceriumoxide deeltjes die in de lucht en op de bodem terecht zouden komen.

Er is nog geen onderzoek gedaan naar de mogelijke risico's van de uitstoot van nano-ceriumoxide in de lucht. Dit komt doordat het nog onmogelijk is om de hoeveelheid nano-ceriumoxide in de lucht te meten. Het is wel mogelijk om eventueel een voorspelling te doen over de hoeveelheid nano-ceriumoxide die door een motor wordt uitgestoten. Echter zal dit geen enkel nut hebben zolang de hoeveelheid nano-ceriumoxide die al in de lucht is onbekend blijft, en als we niet weten of nano-ceriumoxide in de lucht gaat klonteren tot grotere deeltjes of op nanogrootte blijft. Onderzoek van deze factoren moet nog gedaan worden. In het geval dat nanodeeltjes zouden samenklonteren, zal op den duur ceriumoxide gevormd worden (niet op nano-dimensie dus). De toxiciteit van ceriumoxide is al uitgebreid onderzocht en blijkt gering te zijn (Park *et al.* 2008).

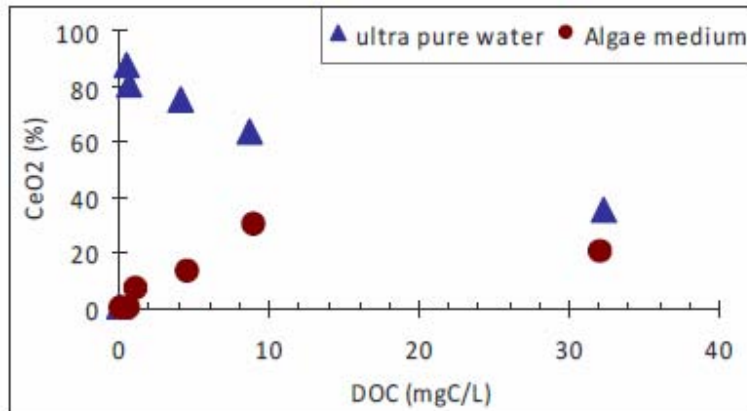
Volgens de producent (Oxonica) is er geen verschil in de grootte van de deeltjes die uitgestoten worden door een motor die wel Envirox gebruikt en een die Envirox niet gebruikt. De toevoeging van Envirox zal dus geen verkleining van de uitstootdeeltjes veroorzaken. Een verkleining van de uitstootdeeltjes zou een nadelig effect hebben op de gezondheid van mens en dier. Dit komt doordat kleinere fijn stofdeeltjes makkelijker door de longen worden opgenomen (Maynard and Aitken 2007).

6.2 Water

Het wordt verwacht dat nano-ceriumoxide deeltjes op de lange termijn door uitspoeling in de bodem, terecht komen in het water. Onderzoek over de effecten van nano-ceriumoxide op de bodem is nog niet

gedaan. Onderzoek over de effecten en het gedrag van nano-ceriumoxide in het water is gedaan op kleine schaal en is op dit moment nog bezig.

Het blijkt dat nano-ceriumoxide dat in het water terecht komt snel gaat samenklonteren (Quik *et al.* 2009). De snelheid waarmee de nanodeeltjes ceriumoxide gaan aggregeren is kleiner hoe meer organisch materiaal in het water aanwezig is. Dit komt doordat de organische moleculen aan nano-ceriumoxidedeeltjes gaan vastplakken en voorkomen dat ze samenklonteren (Quik *et al.* 2009) (Figuur 2). Een vergelijkbaar resultaat is gevonden door Limbach *et al.* (2008).



Figuur 2: Fractie van CeO₂ nanodeeltjes in suspensie, in variërende concentraties natuurlijk organische materiaal (DOC) na 12 dagen depositie. Figuur van Quik *et al.* 2009

Samenklontering van nano-ceriumoxide zal zorgen voor grotere deeltjes die op den duur zo groot zullen worden dat er niet meer sprake is van nano-ceriumoxide maar van ceriumoxide.

Naar de effecten van nano-ceriumoxide op waterorganismen is onderzoek gedaan. Velzeboer *et al.* (2008) heeft de toxiciteit van meerdere nanodeeltjes, waaronder nano-ceriumoxide, voor waterbacteriën, kleine crustacea (kreeftachtigen) en algen getest. Uit deze proeven bleek dat nano-ceriumoxide geen effecten heeft met bij een dosis van 100mg/L. Deze resultaten zouden verklaard kunnen worden door de samenklontering van nano-ceriumoxide in het water. Ook zal het kunnen zijn dat 100mg nano-ceriumoxide per liter water een te lage concentratie is om toxisch te zijn voor het organisme.

Een ander onderzoek is gepubliceerd door Park *et al.* (2007) over de toxiciteit van Envirox op watervlooien. Ook uit dit onderzoek bleek nano-ceriumoxide geen effect te hebben op deze kleine waterorganismen.

Tijdens ons interview heeft dr. Quik van RIVM (zie bijlage) verteld dat hij mee heeft gedaan aan een onderzoek naar de effecten van nano-ceriumoxide op zebravissen (Hoecke *et al.* 2009). Hij zag dat nanodeeltjes ceriumoxide op de eieren van de vissen plakken. Dit maakte echter geen verschil in de hoeveelheid vissen die geboren werden en op de groei van de vissen zelf.

Een ander onderzoek (Lee *et al.* 2009) heeft juist waargenomen dat een blootstelling van watervlooien en de larve van muggen de twee organismen wel kan doden.

7. Gezondheidseffecten

7.1 Positieve effecten

Er is veel interesse geweest in nano-ceriumoxide door publicaties dat het beschermend werkt tegen straling en oxidatieve stress. Vrije zuurstof radicalen zorgen voor oxidatieve stress en nano-ceriumoxide zoekt vrije zuurstof radicalen op om ze vervolgens te binden (Auffan *et al.* 2009). Nano-ceriumoxide werkt hier als een antioxidant. Toepassingen van deze werking zijn onder andere: levensverlenging en bescherming tegen schade van rat hersencellen (Rzagalinski *et al.* 2003); bescherming van retina van ratten (Chen *et al.* 2006); en bescherming van neuronen in het ruggenmerg van ratten (Das *et al.* 2007).

Oxonica is als producent van Envirox geïnteresseerd in de mogelijke schadelijke effecten van hun product. Ze hebben een risicoanalyse van Envirox gefinancierd en dat stelt vast dat zowel ceriumoxide als nano-ceriumoxide geen toxische effecten heeft op gezondheid van de mens zie figuur 3 (Park *et al.* 2007).

Results of general toxicity assays		
Assay performed	Nano cerium oxide	Non-nano cerium oxide
EpiDerm skin irritation	Unlikely to be a skin irritant [50 mg: mean irritation potential of 0.01]	Unlikely to be a skin irritant [50 mg: mean irritation potential <0.03]
Cytotoxicity assay (L929 cells)	Noncytotoxic [1 cm ² area of powder placed on agar overlay]	Non-cytotoxic [1 cm ² area of powder placed on agar overlay]
Mutagenicity—bacterial cells (Ames test)	Nonmutagenic [50–5000 µg/plate]	Non-mutagenic [50–5000 µg/plate]

Figuur 3: Weergegeven de risicoanalyse van nano-ceriumoxide, figuur van Park *et al.* 2007

7.2 Toxicologische effecten

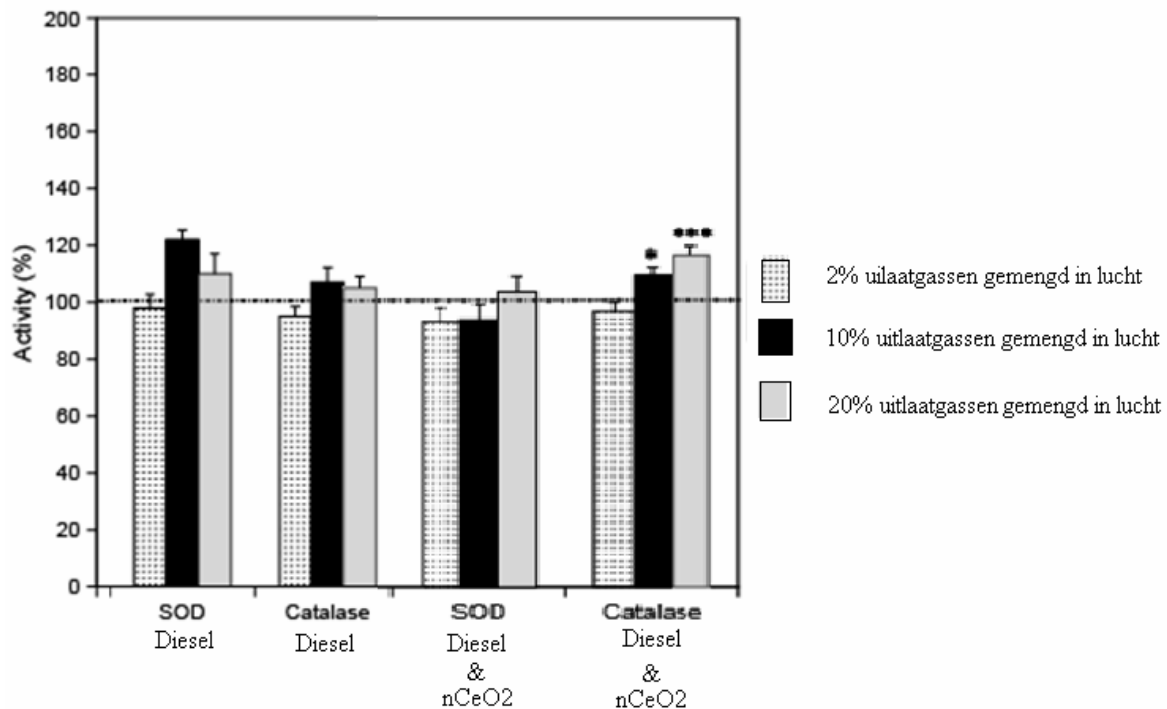
Zoals hierboven al was beschreven werd aan nano-ceriumoxide in het begin beschermende werking toegeschreven. Latere onderzoeken hebben echter juist gezondheidsrisico's gevonden. De menselijke blootstelling aan nano-ceriumoxide na verbranding van diesel met Envirox gebeurt via de lucht. Studies naar nanodeeltjes hebben laten zien dat deeltjes van 10 µm korte en lange termijn risico's met zich mee brengen voor het hart, vatenstelsel en de longen. In de longen kunnen nano-oxiden zorgen voor ontstekingsreacties (Park *et al.* 2007).

Door deze risico's is er onderzoek gedaan naar longen en longfibroblasten. De fibroblasten zijn de belangrijkste cellen van bindweefsel. De studie van Thill *et al.* 2006 gebruikt gewassen en ongewassen bacterieculturen van *E. coli* als modelorganisme voor fibroblasten. Ze hebben de respons van de *E. coli* op nano-ceriumoxide gemeten. De bacterieculturen zijn blootgesteld aan verschillende concentraties van nano-ceriumoxide suspensies. De gewassen cultuur is vlak voor toediening van deze suspensie gewassen zodat de resultaten niet beïnvloed worden door het voedingsmedium of door stoffen die door de bacterie uitgescheiden zijn. In de gewassen bacterieculturen bindt nano-ceriumoxide sterk aan *E. coli* cellen. Deze adsorptie gaat samen met verminderde overleving van de cellen. Het gebruik van de ongewassen culturen laat net als veel eerdere studies weinig tot geen toxiciteit van nano-ceriumoxide zien. In het artikel wordt gesuggereerd dat dit mogelijk komt door een interactie van de uitscheidingsproducten van *E. coli* die beschermen tegen oxidatieve stress (Thill *et al.* 2006). Dit onderzoek laat zien dat er wel effect is op de bacteriën en dus mogelijk ook op de fibroblasten.

Het effect van nano-ceriumoxide op de longen is in een andere studie onderzocht. Hier zijn longplakjes van ratten blootgesteld aan lucht met verschillende concentraties ceriumoxide-aerosolen. Alle in het

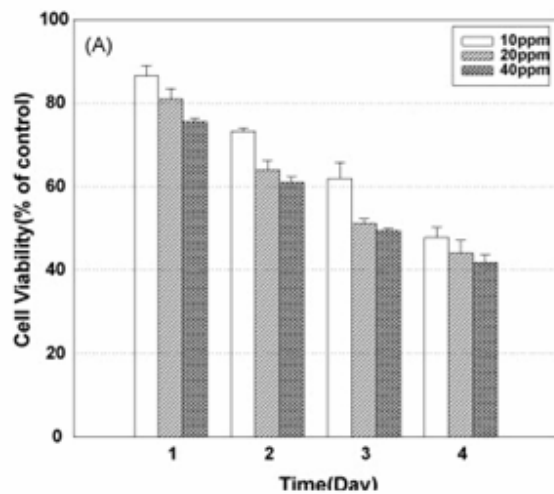
onderzoek onderzochte parameters voor oxidatieve stress veranderden niet significant behalve de catalase. Catalase is een enzym wat waterstofperoxide omzet in zuurstof en water (Fall *et al.* 2007). Voorgaande experimenten zijn gedaan met puur nano-ceriumoxide. In deze experimenten wordt er geprobeerd om zoveel mogelijk nano-ceriumoxide van dezelfde grote zonder enige andere vervuiling te gebruiken. In de realiteit worden mensen blootgesteld aan een mix van verschillende maten nano-ceriumoxide deeltjes, uitstootproducten en combinaties van uitstootproducten en nano-ceriumoxide. Longen kunnen mogelijk anders reageren op deze mix dan op puur nano-ceriumoxide. In Envirox aggregeren de nanodeeltjes niet samen omdat Oxonica er een stof aan toevoegt die dit tegen gaat (Fall *et al.* 2007).

Om wat meer te weten te komen over de effecten van de mix van nano-ceriumoxide en de diesel uitstootproducten heeft Fall *et al.* nog een studie gedaan. In deze studie zijn plakjes long van ratten vijf minuten blootgesteld aan lucht gemengd met uitlaatgassen van diesel en diesel met Envirox. De resultaten zijn weer gegeven in figuur 5. Hier is in te zien dat uitlaatgassen van diesel zonder Envirox zorgen voor meer oxidatieve stress indicatoren dan diesel met Envirox. Er is wel te zien dat Envirox diesel ongebruikelijke catalase activiteit veroorzaakt. De blootstelling in dit onderzoek is vijf minuten, het geeft dus alleen de korte termijn effecten weer.



Figuur 5: Weergegeven verschillende processen van een longcel van de rat bij toevoeging van diesel uitstootproducten zonder & met Envirox. Wanneer er niet veel gebeurt met een proces zal de activiteit dicht bij de 100% controle zitten. Figuur gebaseerd op van Fall *et al.* 2007.

Latere studies richten zich meer op langere blootstelling. De studie van Choi *et al.* 2008 richt zich op de effecten bij meerdaagse blootstelling. Hierbij worden T98G (tumor), H9C2 (hart) en BEAS-2B 9 (long epitheel) celculturen aan verschillende concentraties of verschillende groottes nano-ceriumoxide blootgesteld. In dit onderzoek waren wel toxische effecten te zien en de resultaten zijn weergegeven in figuur 7. Hierin staan de long epitheelcellen weergegeven.



Figuur 7: weergegeven de toxische effecten van nano-ceriumoxide in BEAS-2B long epitheelcellen. Figuur van Choi *et al.* 2008.

Hier is duidelijk te zien dat de langdurige blootstelling aan nano-ceriumoxide bij concentraties van 10ppm een hoger toxische effect heeft voor de BEAS-2B long epitheelcellen (Choi *et al.* 2008). De T98G en H9C2 cellen vertonen een vergelijkbare maar minder hevige reactie. Hieruit blijkt dat long epitheel cellen gevoeliger zijn voor nano-ceriumoxide dan hersencellen of tumorcellen.

Recent onderzoek heeft vergelijkbare resultaten gevonden (Auffan *et al.* 2009) op huid epitheelcellen. Naast het cytotoxische effect en de oxidatieve stress is er ook DNA schade gevonden. De onderzoekers brengen dit in verband met de oxidatieve stress van de cel. Zij stellen dat de zuurstof radicaal opzoekende eigenschappen van nano-ceriumoxide niet alleen beschermend werken. Ze stellen ook dat het oxidatieve stress kan induceren en mogelijk de weg voor vrije zuurstof radicalen naar de kern vergemakkelijken.

Het risico van nano-ceriumoxide voor gezondheid wordt dus steeds beter bekend en het begint steeds onwaarschijnlijker te worden dat nano-ceriumoxide alleen beschermend werkt. Maar al deze schadelijke effecten zijn sterk afhankelijk van de dosis en de duur van de blootstelling. Over deze dosis is nog niet veel bekend. Waarschijnlijk verspreid nano-ceriumoxide zich niet egaal over het milieu en kunnen er lokaal vrij hoge concentraties in de lucht ontstaan. Dit komt omdat niet alle gebieden even veel last hebben van vervuiling door motorverkeer. Ook de verschillende motor types hebben een verschillend effect op het soort uitstoot. In Engeland is onderzoek gedaan naar het verhoogde ceriumgehalte in de lucht na de invoering van Envirox. Hier kwamen lokaal hoge concentraties voor, maar onduidelijk is of dit direct verband houdt met de invoering van Envirox (Park *et al.* 2007). We verwachten de mogelijke risicogebieden op plaatsen die nu al het meest belast worden door uitlaatgassen van motorverkeer. Hierdoor zouden pomphouders en omwonenden van snelwegen tot de risicogroep behoren.

Een van deze ongewenste reacties zou de vorming van koolstof “nano-tubes” aan nano-ceriumoxidedeeltjes kunnen zijn. Recente studies hebben aangetoond dat nano-tubes op basis van grote, vorm en het soort ontstekingsreacties dat ze veroorzaken in longen mogelijk vergeleken kunnen worden met asbestdeeltjes (4). Hierdoor is het belangrijk om te weten of nano-ceriumoxide de mogelijkheid zou kunnen hebben om koolstof nano-tubes te kunnen vormen samen met in de motor aanwezige koolwaterstofverbindingen. Er is geen literatuur gevonden over de vorming van nano-tubes

aan alleen nano-ceriumoxide en oxonica heeft met een mail laten weten dat er geen reden is om aan te nemen dat er meer koolstof nano-tubes gevormd worden tijdens de verbranding van Diesel met Envirox dan tijdens de verbranding van normale diesel. (bijlage 2)

8. Overweging en discussie

Zoals we in de vorige hoofdstukken hebben gezien, heeft de toevoeging van nano-ceriumoxide aan diesel zowel positieve als negatieve effecten.

Economisch gezien brengt nano-ceriumoxide een geldbesparing omdat er minder brandstof nodig is en omdat Envirox ervoor zorgt dat er minder depositie is in de cilinders, en daardoor minder slijtage.

Als het gebruik van nano-ceriumoxide als brandstofverbeteraar zal worden toegepast, dan zullen er minder diesilverbrandingsproducten in de lucht terechtkomen doordat er minder diesel gebruikt zal worden. De toepassing van nano-ceriumoxide zal ook voor ongeveer 18% minder roetuitstoot zorgen, wat ook voordelige effecten heeft op de gezondheid van de mens. Volgens onderzoek (Wakefield *et al.* 2008) zal de uitstoot van koolwaterstoffen en NO_x verbindingen ook verminderen als gevolg van het gebruik van Envirox. Door een verlaging van de dieselconsumptie zal het op de lange termijn een verlaging van de CO₂-uitstoot plaatsvinden. Dit zal een potentieel verlagend effect op de opwarming van de aarde kunnen hebben, ook door een lagere productie van diesel, dat voor een zeer hoge CO₂-uitstoot zorgt.

Volgens onderzoek (Park *et al.* 2008) zal het gebruik van nano-ceriumoxide als brandstofverbeteraar zorgen voor een hoger ceriumoxidegehalte in het lucht. Echter is het nog niet bekend of de nanodeeltjes dan in nanovorm zullen blijven of ze samen zouden gaan klonteren tot grotere deeltjes.

Er is meer bekend over het gedrag van nano-ceriumoxide in water. Volgens onderzoek (Limbach *et al.* 2008, Quik *et al.* 2009) gaan de nanodeeltjes ceriumoxide samenklonteren met ander organisch materiaal. Dit zou ervoor zorgen dat ze niet meer in nanogrootte in het water te vinden zijn. Grotere deeltjes ceriumoxide zijn volgens onderzoek (Park *et al.* 2008) niet zeer schadelijk en worden al wel gebruikt in de industrie. Ook zullen grotere deeltjes op den duur gaan bezinken door de zwaartekracht. Onderzoek is gedaan naar de mogelijke schadelijke effecten op aquatische organismen (Park *et al.* 2007, Velzeboer *et al.* 2008, Lee *et al.* 2009), waaronder algen, bacteriën en kleine crustacea. Volgens deze onderzoeken blijkt nano-ceriumoxide geen significant schadelijk effect te hebben op deze organismen. Uit een ander onderzoek (Thill *et al.* 2006) blijkt nano-ceriumoxide wel *E.coli* te doden. Dit gebeurt echter alleen in het geval dat *E. coli* van te voren gewassen werd en mogelijk van hun beschermende laag ontdaan werden.

Het gebruik van nano-ceriumoxide als brandstofverbeteraar zal dus, zoals we al hebben genoemd, een vermindering van diesel uitstootproducten in de lucht met zich meebrengen. Dit is een voordelig effect voor de mens en dier gezondheid, doordat diesel uitstootproducten bekend staan om hun toxiciteit (Park E-J. *et al.* 2008). Volgens Oxonica (www.oxonica.com) wordt het fijn stof dat door de motor wordt uitgestoten ook niet kleiner door het gebruik van Envirox. Dit is ook een zeer positief effect, aangezien kleinere fijn stofdeeltjes gemakkelijk door de longcellen worden opgenomen en eerder een allergische reactie kunnen veroorzaken (Maynard & Aitken 2007). Park *et al.* (2008) heeft ook onderzocht wat de effecten van nano-ceriumoxide op de huid van mensen is. Zij gingen er vanuit dat als nano-ceriumoxide in de lucht terecht zal komen, het ook in contact zou komen met de huid van mensen. Uit zijn onderzoek bleek dat nano-ceriumoxide echter geen effect heeft op de huid van mensen. Ook bleek dat huidcellen nano-ceriumoxide niet opnemen. De huid biedt een goede bescherming die voorkomt dat nano-ceriumoxide ons lichaam binnenkamt. (Park *et al.* 2008)

Een recent in vitro experiment heeft cytotoxische en DNA schade aangetoond in huid fibroblasten (Auffan *et al.* 2009). Echter bevinden fibroblasten zich niet op de oppervlakte van de huid en zal nano-ceriumoxide dus eerst diep in de huid moeten binnendringen.

Mogelijke schadelijke effecten zijn wel waargenomen als nano-ceriumoxide in contact komt met longcellen (Park E-J. et al. 2008). Volgens dit onderzoek gingen longcellen eerder dood na blootstelling aan hoge concentraties nano-ceriumoxide. Volgens twee andere onderzoeken (Fall et al. 2007, Park et al. 2008) is dat echter niet zo. Volgens Park et al. (2008) is blootstelling van longcellen aan uitlaatgassen met toevoeging van Envirox minder schadelijk dan blootstelling aan diesel zonder de toevoeging van Envirox. Dit verschil in resultaten is mogelijk te danken aan de verschillende concentraties nano-ceriumoxide die werden gebruikt tijdens de drie experimenten. In het experiment van (Park E-J. et al. 2008) waren de concentraties veel hoger en de proef duurde 5 dagen in plaats van een uur of minder. Ook moet gezegd worden dat het eerste onderzoek van Park E-J. et al. (2008) een 'worst case scenario' is, oftewel hij onderzoekt de toxische concentratie van nano-ceriumoxide voor de cellen. Volgens toxicologen (Raymond Pieters, zie bijlage) moeten risico's worden berekend niet alleen aan de hand van de toxische concentratie, maar ook van de blootstelling. Er moet daarom niet vergeten worden dat het niet reëel is dat iemand vijf dagen achter elkaar alleen nano-ceriumoxide inademt op een concentratie van 40mg/L. Omdat de blootstelling van mensen aan nano-ceriumoxide niet bekend is, is het niet mogelijk om vast te stellen of er risico's zijn voor de mens. Verder onderzoek zou moeten worden gedaan om de gezondheidsrisico's van nano-ceriumoxide beter te kennen.

9. Conclusie

In het verslag komt al duidelijk naar voren dat Envirox nog niet in Nederland wordt gebruikt. Wel is Oxonica in gesprek met een manager van een Nederlands transportbedrijf die waarschijnlijk een proef gaat doen met Envirox.

De effecten van Envirox op het milieu worden op het moment positief gezien. Dat komt omdat Envirox de uitstoot van CO₂, NO_x, deeltjes zoals fijn stof en CO vermindert. Doordat Envirox zorgt voor een brandstofbesparing is er op lange termijn ook minder diesel nodig. Een lange termijn gevolg hiervan zou kunnen zijn dat er minder diesel wordt geproduceerd wat zorgt voor een lagere CO₂ uitstoot.

Uit de huidige onderzoeken blijkt dat nano-ceriumoxide deeltjes geen tot weinig effect hebben op de aquatische organismen. Er is geen onderzoek gedaan naar organismen in de bodem, verder onderzoek zal hier meer inzicht in moeten geven. Nano-ceriumoxide aggregeert waarschijnlijk snel in het milieu waardoor het grotere deeltjes vormt en al snel sedimenteerd. Gesedimenteerde deeltjes zijn alleen nog beschikbaar voor bodemorganismen en planten waardoor ze een minder groot risico vormen. Ook zal verder onderzoek moeten uitwijzen hoe nano-ceriumoxide zich gedraagt in de lucht en in de bodem. Er is al bekend dat de deeltjes waarschijnlijk gaan aggregeren in water en zich binden aan organische stoffen. Hoe de deeltjes zich gaan gedragen in de lucht en bodem is niet bekend.

Niet alle onderzoekers zijn het eens over de gezondheidsrisico's van nCeO₂. Veel vroege publicaties en publicaties gefinancierd door de producent zien geen toxische effecten. Andere en recentere onderzoeken laten zien dat er oxidatieve stress kan optreden in het long epitheel. Dit kan bij een hoge nCeO₂ dosering zorgen voor een verkorte levensduur van deze cellen. Hartcellen en zenuwcellen reageren niet zo heftig bij blootstelling aan nCeO₂. Uit recent onderzoek blijkt dat nano-ceriumoxide genotoxische effecten kan hebben op fibroblasten in het geval het de huid binnen kan dringen. Uit een ander onderzoek blijkt dat nano-ceriumoxide echter de huid niet kan binnendringen. Mogelijk zouden dergelijke reacties ook kunnen optreden in fibroblasten in andere delen van het lichaam. Verder onderzoek zou hierover gedaan moeten worden.

Hoeveel nano-ceriumoxide een persoon na invoering van Envirox kan binnenkrijgen, is nog onbekend waardoor de gezondheidsrisico's lastig zijn af te wegen. Verder worden mensen niet blootgesteld aan puur nCeO₂. Ze worden blootgesteld aan een mix van diesel uitstootproducten met nCeO₂ deeltjes, deze mix gedraagt zich waarschijnlijk anders dan puur nCeO₂. Verder onderzoek zal hier meer inzicht in moeten geven.

Afhankelijk van het type motor wordt de uitstoot van diesel uitstootproducten vermindert door Envirox. Sommige type motors hebben een sterke vermindering in de slechte uitstootproducten, andere hebben een wat mindere vermindering.

Veel publicaties geven geen reden tot gezondheidsrisico's maar doordat de meeste recente publicaties wel negatieve effecten vinden van nano-ceriumoxide, worden oude publicaties in twijfel gesteld.

Hierdoor is het een erg moeilijke afweging geworden omdat aan de ene kant de reductie van de toxische stoffen en CO₂ staat, en aan de andere de recent gevonden negatieve effecten van nano-ceriumoxide. Er zou dan ook meer onderzoek moeten worden gedaan naar nieuwe gevonden negatieve effecten, om te kijken of deze effecten op zullen gaan bij de dosis die vrij zal gaan komen bij het gebruik van Envirox. De conclusie is dan ook dat er meer onderzoek zou moeten worden gedaan naar nieuwe gevonden negatieve effecten, om te kijken of deze effecten op zullen gaan bij de dosis die vrij zal gaan komen bij het gebruik van Envirox. Wanneer dit het geval is, kan Envirox wel degelijk een gevaar zijn voor de gezondheid van mens en dier. Wanneer deze negatieve effecten niet opgaan bij de vrijkomende dosis, kan er voorzichtig worden gezegd dat de positieve effecten van Envirox opwegen tegen de negatieve effecten. Dit omdat het economisch verantwoord is om te gebruiken en omdat het de gevaarlijke diesel uitstootproducten terugdringt die schadelijk zijn voor de gezondheid en het milieu.

10. Referenties

- **Auffan M., Rose J., Orsiere T., De Meo M., Thill A., Zeyons O., Proux O., Masion A., Chaurand P., Spalla O., Botta A., Wiesner M.R., Bottero J-Y.** (2009). CeO₂ nanoparticles induce DNA damage towards human dermal fibroblasts in vitro. *Nanotoxicology* 2009 1-11
- **Chen J., Patil S., Seal S., McGinnis J.F.** (2006) Rare earth nanoparticles prevent retinal degeneration induced by intracellular peroxides. *Nature Nanotechnology* 1:142-150
- **Dasa M., Patil S., Bhargavaa N., Kanga J-F., Riedela L.M.** (2007) Sudipta Sealb, James J. Hickmana Auto-catalytic ceria nanoparticles offer neuroprotection to adult rat spinal cord neurons. *Biomaterials* 28:1918–1925
- **Fall M., Guerbet M., Park B., Gouriou F., Dionnet F., Morin J-P.** (2007) Evaluation of cerium oxide and cerium oxide based fuel additive safety on organotypic cultures of lung slices. *Nanotoxicology* 1:227-234
- **Hoecke v., Karen, J. T. K. Quik, et al.** (2009). "Fate and effects of CeO₂ nanoparticles in aquatic toxicity tests." *Environ. Sci. Technol.* Submitted.
- **Hanssen L., Walhout B., van Est R.** (2008) Tien lessen voor een nanodialoog: stand van het debat rondom nanotechnologie. Rathenau Instituut, Den Haag
- **Holsapple M.P., Farland W.H., Landry T.D., Monteiro-Riviere N.A., Carter J.M., Walkerk N.J., Thomas K.V.** (2005) Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part II: Toxicological and Safety Evaluation of Nanomaterials, Current Challenges and Data Needs. *TOXICOLOGICAL SCIENCES* 88:12–17
- **Kipen H.M., Laskin D.L.** (2005) Smaller is not always better: nanotechnology yields nanotoxicology. *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.* 289: L696-697
- **Lee S-W., Kim S-M., Choi J.** (2009). Genotoxicity and ecotoxicity assays using *Daphnia magna* and the larva of the aquatic midge *Chironomus riparius* to screen the ecological risk of nanoparticle exposure. Accepted manuscript to appear in *environmental toxicology and pharmacology*
- **Limbach L.K., Bereiter R., Muller E., Krebs R., Galli R., Stark W.** (2008). Removal of oxide nanoparticles in a model wastewater treatment plant: influence of agglomeration and surfactants on clearing efficiency. *Environ. Sci. Technol.*
- **Lin W., Huang Y., Zhou X.D.** (2006). Toxicity of Cerium Oxide Nanoparticles in Human Lung Cancer Cells. *International Journal of Toxicology* 25:451-457
- **Lu S., Duffin R., Poland C., Daly P., Murphy F., Drost E., MacNee W., Stone V., Donaldson K.** (2009) Efficacy of Simple Short-Term in Vitro Assays for Predicting the Potential of Metal Oxide Nanoparticles to Cause Pulmonary Inflammation. *Environmental Health Perspectives* 117:241-247

- **Maynard A.D., Aitken R.J.** (2007). Assessing exposure to airborne nanomaterials: current abilities and future requirements. *Nanotoxicology* 1:26-41
- **Nel A., Xia T., Madler L., Li N.** (2006) Toxic Potential of Materials at the Nanolevel. *Science* 311:622-627
- **Niu J., Azfer A., Rogers L.M., Wang X., Kolattukudy P.E.** (2007). Cardioprotective effects of cerium oxide nanoparticles in a transgenic murine model of cardiomyopathy. *Cardiovascular Research* 73:549-559
- **Oberdörster G., Oberdörster E., Oberdörster J.** (2005) Nanotoxicology: An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultrafine Particles. *Environmental Health Perspectives* 113:823-839
- **Park B., Donaldson K., Duffin R., Tran L., Kelly F., Mudway I., Morin J-P., Guest R., Jenkinson P., Samaras Z., Giannouli M., Kouridis H., Martin P.** (2008). Hazard and risk assessment of a nanoparticulate Cerium-Oxide based diesel fuel additive – a case study. *Inhalation Toxicology* 20:547-566
- **Park E-J., Choib J., Park Y-K., Park K.** (2008) Oxidative stress induced by cerium oxide nanoparticles in cultured BEAS-2B cells. *Toxicology* 245: 90–100
- **Patil S., Sandberg A., Heckert E., Self W., Seal S.** (2007). Protein adsorption and cellular uptake of cerium oxide nanoparticles as a function of zeta potential. *Biomaterials* 28:4600-4607
- **Quik, J. T. K., I. Lynch, et al.** (2009). "Colloidal behavior of nanoparticles in model natural fresh water, effect of natural organic matter." *Environ. Sci. Technol.* Submitted.
- **Rzagalinski B.A., Bailey D., Chow L., Kuiry S.C., Patil S., Merchant S.** (2003) Cerium oxide nanoparticles increase the lifespan of cultured brain cells and protect against free radical and mechanical trauma, *Faseb J* 17:p. A606
- **Sehgal A., Lalatonne Y., Berret J.-F., Morvan M.** (2005) Precipitation-Redispersion of Cerium Oxide Nanoparticles with Poly(Acrylic Acid) : Towards Stable Dispersions. Cornell University
- **Thill A., Zeyons O., Spalla O., Chauvat F., Rose J., Auffan M., Flank A.M.** (2006). Cytotoxicity of CeO₂ nanoparticles for Escherichia coli. Physico-chemical insight of the cytotoxicity mechanism. *Environ. Sci. Technol.* 40:6151-6156
- **Velzeboer I., Hendriks A.J., Ragas A.M.J., van de Meent D.** (2008) Aquatic ecotoxicity tests of some nanomaterials. *Environmental toxicology and chemistry* 27:1942-1947
- **Wakefield G., Wu X., Gardener M., Park B., Anderson S.** (2008) Envirox fuel-born catalyst: developing and launching a nano-fuel additive. *Technology analysis & strategic management* 20:127-136
- www.rivm.nl (28-2-2009)
- www.oxonica.com (31-3-2009)

- www.env-health.org (2-3-2009)

- Flux. magazine Rathenau instituut oktober 2008 pp24-36

11. Bijlage

11.1 Bijlage 1 (contacten)

1. Raymond Pieters (toxicoloog, Universiteit Utrecht)
2. Dik van de Meent, Joris Quik (RIVM)
3. Mike Atfield (oxonica)
4. Bovag
5. Belangenvereniging tankstations BETA
6. Friends of the Earth
7. Milieu defensie

11.2 Bijlage 2 (mails)

Dear Oxonica Energy,

We are three students of the university of Utrecht. We are carrying out a research project with the goal of mapping the known environmental and health effects of nano Ceriumoxide as a fuel additive in diesel. The Envirox site shows some summary articles about positive environmental and fuel saving effects. The reduction of harmful exhaustion products seems promising and we would like to use the more elaborated versions of the articles in our report to counterbalance the possible negative effects of nCeO₂ found in toxicological studies. Could you tell us where to find these articles?

The site also shows promising results of usage in the UK, and we wonder if it is already used or sold in the Netherlands.

Best regards,

Alessia Camozzini

Demitri Demirel

Jeroen Demmer

Dear Alessia

I will send you some information on Thursday when I return to the office.

Please could I ask a favour in return. Sometime last year an article was published in the Netherlands about nanotechnology which featured Envirox. I don't know if you know this article - maybe it was the source of your interest?, but if you have it please could you send it to me. When it was published we had several enquiries from the Netherlands but I never saw it. It was probably written in Dutch.

Thanks and Best Regards

Mike Attfield

Dear mr. Attfield,

Thank you for your fast reaction.

We are going to send you the article you mentioned, but it is indeed in Dutch.

It was published on 10-2008 on the magazine Flux of the Rathenau institute and can't be found on the internet.

We are looking forward to get the information you send us.

Best regards,

Alessia Camozzini

Demitri Demirel

Jeroen Demmer

Dear Alessia, Demitri and Jeroen,

Thank you ever so much for the article from Flux. Despite having no Dutch I can understand what much of it means though it would be great if you could provide a rough translation!

We have published 2 papers which I hope will provide you with the information you are seeking. Both are in proper academic journals.

A general paper covering the story of the commercialisation of the technology. This contains the results of the major bus trials.

A paper aimed at dealing with the toxicological concerns raised in the Flux article and elsewhere. A series of studies with leading European experts based upon an understanding of the pathways than cerium oxide nanoparticles could be absorbed into humans has shown that there is minimal risk.

Envirox is not currently used in the Netherlands because we have not had sustained sales activity but interestingly a few weeks ago I met a transport manager who coincidentally (1) is a graduate of your university (2) will probably decide to run a trial on Envirox

based at a depot near you in the Netherlands – I am waiting for his final decision. His interest had been roused by the Flux article which is why I was eager to have it.

Thanks and Best Regards

Mike

Dear Shell,

We are three students at the University of Utrecht and we are carrying out a research about the possible environmental effects of nano Cerium oxide. This is a catalytic particle that is added to diesel to reduce fuel consumption of about 10%. We saw on your website (www.shell.com) that you have a product (Fuel Save Challenge) that has the same characteristics of nano cerium oxide.

We would like to know if you actually put nano Cerium oxide in your Fuel Save Challenge or if you use another product.

Best regards,
Alessia Camozzini
Dimitri Demirel
Jeroen Demmer

Geen reactie

Beste RIVM,

Wij zijn drie studenten aan de Universiteit Utrecht en we voeren een informatie onderzoek uit voor onze opdrachtgever vereniging Leefmilieu.

Wij zijn informatie aan het zoeken over nano Cerium Oxide en zijn effecten op milieu en gezondheid. We weten dat U ook onderzoek uitvoert over nanodeeltjes en we vroegen ons af of U misschien iets over nCeO₂- weet.

We hebben een artikel gevonden geschreven door twee van U medewerkers: mevr. Ilona Velzenboer en mr. Dik van de Meent. Het artikel heet: Aquatic ecotoxicity tests of some nanomaterials, gepubliceerd in Environmental toxicology and chemistry n.27. Wij zouden graag, als het mogelijk is, een of beide willen interviewen.

Met vriendelijke groet,
Alessia Camozzini
Dimitri Demirel
Jeroen Demmer

Geachte heer/mevrouw,

Wij hebben op 24-02-2009 een vraag van u ontvangen. Deze is onderaan deze e-mail terug te vinden.

Het antwoord op uw vraag is als volgt:

Helaas kunnen we op dit moment geen gehoor geven aan jouw (informatie)verzoek met betrekking tot je studie. We krijgen zeer regelmatig verzoeken van studenten of scholieren. RIVM is er niet op ingericht om op al die verzoeken in te gaan.

Veel informatie is te vinden op onze website. Maar mocht je daar niet vinden wat je zoekt, kun je mogelijk ook terecht bij de afdeling publieksvoorlichting van het Ministerie van VWS (070-3407890 of <http://www.minvws.nl>)

onclick="window.open(this.href);return false;") of het Ministerie van

VROM (<http://www.minvrom.nl>) onclick="window.open(this.href);return false;"). Ook kunnen Postbus 51(0800-8051of

<http://www.postbus51.nl>) onclick="window.open(this.href);return false;") of de Milieu Centraal Lijn, een informatielijn

speciaal voor consumenten, 0900-1719 je eventueel helpen bij je onderzoek. Verder is er speciaal voor studenten de site

<http://www.kennislink.nl>) onclick="window.open(this.href);return false;".

Het RIVM is een beleidsondersteunend onderzoeksinstituut en verricht onderzoek in opdracht van het Ministerie VWS, VROM, LNV en de Inspectie voor de Gezondheidszorg. Het RIVM heeft zelf primair geen publieks- en bedrijfsvoorlichtende functie.

Veel succes!

**Met vriendelijke groet,
Samantha Rietbergen RIVM Communicatie**

Beste Bovag/BETA,

Wij zijn drie studenten aan de Universiteit Utrecht en voeren een onderzoek uit over nano Cerium oxide. Het zit in het product Envirox van het bedrijf Oxonica. Het werkt als een katalysator die in sommige landen aan diesel wordt toegevoegd om het brandstofgebruik tot 10% te verminderen.

Gezien het werk dat sommige van u medewerkers doen, zullen zij veel in aanraking kunnen komen met nano Ceriumoxide door de uitstoot van diesel uitlaatgassen.

Wij vroegen ons af of U op het hoogte bent van de mogelijke risico's van nano Ceriumoxide.

Zo ja, neemt u daar maatregelen tegen?

Wij vroegen ons ook af of U weet of nano-Ceriumoxide al in Nederland in gebruik is of dat binnenkort gaat gebeuren.

Met vriendelijke groet,

Alessia Camozzini
Demitri Demirel
Jeroen Demmer

Antwoorden telefonische communicatie met Bovag en Beta

Bovag:

Daarvoor moet u een mail sturen naar Bovag@bovag.nl vanuit daar zouden we verdere ondersteuning krijgen. Na verder doorvragen over waarom we de vorige keer geen mail terug hadden gekregen was het antwoord dat ze met een interne verhuizing bezig waren en dat het er daardoor misschien in was geschoten. Na de tweede keer vragen of ze ons niet kon doorverbinden was het antwoord dat er niemand op de afdeling was.

Beta:

Leggen de beslissing bij de importeur, als er problemen op zouden treden dan leggen ze de verantwoording bij de producent.

Beste milieudefensie,

Wij zijn drie studenten aan de Universiteit Utrecht en voeren een onderzoek uit over nano Cerium oxide. Het zit in het product Envirox van het bedrijf Oxonica. Het werkt als een katalysator die in sommige landen aan diesel wordt toegevoegd om het brandstofgebruik tot 10% te verminderen.

Op de site (www.milieudefensie.nl) staat informatie over nanotechnologie. Weten jullie specifiek iets over nano CeO₂?

Met vriendelijke groet,

Alessia Camozzini
Demitri Demirel
Jeroen Demmer

Beste A. Camozzini, D. Demirel en J. Demmer,

nanotechnologie is niet iets waar Milieudefensie zich op dit moment mee bezig houdt. Wij hebben dan ook niets hierover op onze website staan.

Technieken laat Milieudefensie graag aan de markt over. Als Milieudefensie bepleiten we voor effectieve regelgeving, normstelling en handhaving door de overheid.

Wellicht dat het ministerie van VROM jullie verder kan helpen.

Vriendelijke groet,

E. van Doorn
medewerker servicelijn Milieudefensie

Dear Friends of Earth,

We are three students at the university of Utrecht and we are carrying out a research about nano Ceriumoxide. This is a catalytic particle that is added to diesel to reduce the fuel consumption of about 10%. We know that you are carrying out similar researches about nanotechnology and we wonder if you know something about nano CeO₂.

Best regards,
Alessia Camozzini
Demitri Demirel
Jeroen Demmer

Geen reactie

Beste mensen van Department of Environmental Science van de Radboud University Nijmegen,

Wij zijn drie studenten aan de Universiteit Utrecht en we voeren een informatie onderzoek uit voor onze opdrachtgever vereniging Leefmilieu.

Wij zijn informatie aan het zoeken over nano Cerium Oxide en zijn effecten op milieu en gezondheid. We weten dat U ook onderzoek uitvoert over nanodeeltjes en we vroegen ons af of U misschien iets over nCeO₂ weet.

We hebben een artikel gevonden geschreven door vier van U medewerkers: mevr. Ilona Velzenboer, mr. A. Jan Hendriks, mr Ad M.J. Ragas en mr. Dik van de Meent. Het artikel heet: Aquatic ecotoxicity tests of some nanomaterials, gepubliceerd in Environmental toxicology and chemistry n.27.

Wij zouden graag, als het mogelijk is, een interview willen afnemen met één van uw bovengenoemde werknemers .

Met vriendelijke groet,
Alessia Camozzini
Demitri Demirel
Jeroen Demmer

Door verwezen naar meneer Dik van de Meent en mevrouw Ilona Velzeboer

Dear mr. Attfield,

We did some more interviews on the subject nano Ceriumoxide as a fuel additive. Some of the interviewed persons had the idea that the interaction of nano Ceriumoxide with the carbon in the motor when the diesel is burned, could lead to some carbon fiber growth which can form nano tubes. Because of this idea we would like to ask some more questions. The questions are:

1. Does Oxonica did scientific research on the subject if nano Ceriumoxide could lead to nano tubes?
2. We also heard that maybe the nano particles could cluster or aggregate together. Does Oxonica did scientific research on the subject if nano Ceriumoxide can cluster or aggregate together?

This could also lead to choking of the motor, but we found on your site that Envirox keeps the motor clean. Does this mean that nano Ceriumoxide don't aggregate together? Do you have some additional information about this?

Thank you in forward.

Best regards,
Jeroen Demmer
Alessia Camozzini
Demitri Demirel

Dear Jeroen, Alessia and Demetri,

To answer your questions;

Soot deposits and particulate emissions generally arise from incomplete burning of carbon based fuels (with or without additives) in open flame or combustion engine applications. Expert opinion is now suggesting that these soot deposits contain low levels of carbon nanotubes and Buckminsterfullerenes as well as graphite which is much more familiar e.g. see the section on Natural, incidental and controlled flame environments at http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_nano_tube There is no reason to believe that the introduction of nano cerium oxide particles to the fuel should adversely change the relative ratios of the carbon species in the soot deposits. It is simply acting as an oxidation catalyst which assists in making the combustion process more complete. We have plenty of evidence from test programmes showing that the addition of Envirox lowers the overall level of particulate emissions by around 15% in diesel exhausts as well as removing soot deposits in the combustion chamber.

In some of the studies contained in the Inhalation Toxicology paper I sent you previously (University of Rouen and Kings College, London) we showed that the particulate emissions from diesel fuel treated with Envirox were no more harmful than equivalent emissions from untreated diesel fuel. Had there been an increase in more harmful forms of carbon species within the deposit it should have been picked up in these studies.

Nano particles of any kind will cluster together unless they are prevented from doing so. The cerium oxide particles in Envirox™ are stabilised by surfactants in a dispersion which prevents agglomeration in both the product and the treated diesel fuel up to the point of combustion. After combustion there are many more particles of carbon present than there are cerium oxide (2-3 orders of magnitude). Our evidence suggests the carbon and cerium oxide particles aggregate/condense together in the form of particulates which are emitted through the exhaust system. The engine is cleaner because if the carbon/cerium oxide particles form a deposit the catalytic effect of the cerium helps the carbon deposit burn off by lowering the auto ignition temperature from 600C to around 450C. (This effect is well understood from studies of fuel borne catalysts used to regenerate Diesel Particulate Filters –DPFs). We have inspected combustions chambers of bus engines and found no evidence of solid cerium oxide deposits.

I hope this is useful.

Mike

Na onze interview op 19-3-2009 heeft menneer Joris Quik ons de volgende artikels opgestuurd:

- Flux. magazine Rathenau instituut oktober 2008 pp24-36
- Limbach L.K., Bereiter R., Muller E., Krebs R., Galli R., Stark W (2008). Removal of oxide nanoparticles in a model wastewater treatment plant: influence of agglomeration and surfactants on clearing efficiency. Environ. Sci. Technol.
- Maynard A.D., Aitken R.J. (2007). Assessing exposure to airborne nanomaterials: current abilities and future requirements. Nanotoxicology 1:26-41
- Thill A., Zeyons O., Spalla O., Chauvat F., Rose J., Auffan M., Flank A.M. (2006). Cytotoxicity of CeO₂ nanoparticles for *Escherichia coli*. Physico-chemical insight of the cytotoxicity mechanism. Environ. Sci. Technol. 40:6151-6156
- Fall M., Guerbet M., Park B., Gouriou F., Dionnet F., Morin J-P. (2007) Evaluation of cerium oxide and cerium oxide based fuel additive safety on organotypic cultures of lung slices. Nanotoxicology 1:227-234
- Lee S-W., Kim S-M., Choi J. (2009). Genotoxicity and ecotoxicity assays using *Daphnia magna* and the larva of the aquatic midge *Chironomus riparius* to screen the ecological risk of nanoparticle exposure. Accepted manuscript to appear in environmental toxicology and pharmacology
- Hoecke v., Karen, J. T. K. Quik, et al. (2009). "Fate and effects of CeO₂ nanoparticles in aquatic toxicity tests." Environ. Sci. Technol. Submitted.
- Quik, J. T. K., I. Lynch, et al. (2009). "Colloidal behavior of nanoparticles in model natural fresh water, effect of natural organic matter." Environ. Sci. Technol. Submitted.
- Auffan M., Rose J., Orsiere T., De Meo M., Thill A., Zeyons O., Proux O., Masion A., Chaurand P., Spalla O., Botta A., Wiesner M.R., Bottero J-Y. (2009). CeO₂ nanoparticles induce DNA damage towards human dermal fibroblasts in vitro. Nanotoxicology 2009 1-11

11.3 Bijlage 3

Publieke samenvatting

Dit rapport gaat over Envirox, een product ontwikkeld door het Britse bedrijf Oxonica. Het bevat het nanodeeltje ceriumoxide ($n\text{CeO}_2$), wat als een katalysator werkt bij de verbranding van diesel. Het deeltje treedt op als zuurstof donateur. Het heeft de eigenschap zuurstof te kunnen binden in zijn kristalstructuur. Op deze manier kan het deeltje zuurstof opnemen en afstaan, afhankelijk van het milieu waarin het zich bevindt. In de zuurstofarme omgeving van een verbranding zal het dus zuurstof afgeven wat de verbranding bevordert.

Het kan worden toegevoegd aan diesel en Oxonica claimt dat het zorgt voor een brandstofbesparing van ongeveer 10%. Verder beweert Oxonica dat het ook de uitstoot van giftige dieseluitstootproducten zoals NO_x , CO en roet vermindert. Dit komt doordat Envirox zorgt voor een lagere druk in de cilinder en een langere verbranding. Door de lagere druk ontstaat er een reductie in NO_x emissies. Door de langere verbranding ontstaat er een reductie van koolwaterstofverbindingen in de dieseluitstootproducten.

Vereniging Leefmilieu wil weten of het gebruik van Envirox geen risico's met zich meebrengt, want een nanodeeltje kan geheel nieuwe risico's voor het milieu en de gezondheid opleveren. Doordat het zo klein is gedraagt het zich anders dan de normale grootte van de stof zou doen. Dit rapport gaat over de mogelijke risico's van nano-ceriumoxide voor de gezondheid van mens en dier en de effecten voor het milieu. Om dit zo goed mogelijk te doen is er antwoord gegeven op de volgende onderzoeksvragen:

1. Wordt $n\text{CeO}_2$ in Nederland toegepast? Zo ja op welke schaal en zo nee bestaan daar wel plannen voor?
2. Wat is er bekend over de gezondheidseffecten door de toevoeging van deze nanodeeltjes aan diesel?
3. Wat is er bekend over de milieueffecten door de toevoeging van deze nanodeeltjes aan diesel?

Het onderzoek is op verschillende manieren uitgevoerd, zo is er gebruik gemaakt van literatuur, zijn experts geïnterviewd en is er ge-e-mailed met verschillende instanties en bedrijven. Dit leverde veel nieuwe inzichten over het nanodeeltje op.

Er werden zowel positieve als negatieve inzichten vergaard uit verschillende onderzoeken. Uit het literatuuronderzoek kwam bijvoorbeeld dat er aan de hand van dierproeven was vastgesteld dat nano-ceriumoxide voor stres kan zorgen in longcellen. In deze test werden longcellen blootgesteld aan nano-ceriumoxide en werd de vitaliteit van de cellen in de gaten gehouden. Deze ging achteruit, er treedt cel op in de cel. Dit houdt in dat de cel reageert op het deeltje en daardoor worden de processen in de cel verstoord.

Er is aangetoond dat nanodeeltjes makkelijk de menselijke barrières zoals vliezen en epidermale cellen doorkruisen. Bij dierproeven zijn nanodeeltjes terug gevonden in de hersencellen. In deze proef werden ratten blootgesteld aan lucht waaraan nanodeeltjes aan waren toegevoegd. Door inademing kwamen de deeltjes in het lichaam. Dat de deeltjes zijn teruggevonden in de hersenen laat dus zien hoe makkelijk het deeltje tussen de weefsels beweegt en het lichaam mee ingevoerd wordt. De mogelijkheid dat het nanodeeltje ceriumoxide dit ook kan bestaan.

Uit andere onderzoeken is juist weer gebleken dat het haast niet voor stress in de longcellen zorgt. Een Engels wetenschappelijk instituut heeft verschillende zaken zoals het metabolisme van longcellen bekeken bij blootstelling aan nano-ceriumoxide. Hierbij ontstonden er haast geen verschillen met de controlegroep. Wel moet gezegd worden dat de proef maar enkele minuten uitgevoerd is. Langdurige effecten worden hier niet kenbaar gemaakt.

Onafhankelijke wetenschapsinstellingen in opdracht van Oxonica hebben ook testen uitgevoerd. Daarbij werd gekeken of de hoeveelheid nano-ceriumoxide dat vrijkomt bij verbranding schadelijk kan zijn voor mensen. De testresultaten lieten zien dat het geen risico voor de gezondheid van mens en dier oplevert.

Op het gebied van milieu is minder onderzoek gedaan. In dit rapport is er gekeken naar een onderzoek wat zich richtte op de nanodeeltjes in water. In dit onderzoek werd gekeken hoe de deeltjes zich gedroegen in water. Zonder de stof die in Envirox is toegevoegd om het samenklonteren van de nanodeeltjes tegen te gaan, aggregeren de deeltjes in het water. Er ontstaan grotere deeltjes en de nanodeeltjes hechten zich aan organisch materiaal. Ook is er gekeken of nano-ceriumoxide invloed had op de eieren van de zebravissen en de ontwikkeling van de guppies. In dit onderzoek werden echter geen echte nadelige effecten gevonden voor de eieren of guppies.

Verschillende onderzoeken laten zien dat er weinig risico's zijn voor waterorganismen. Omdat waterorganismen een maat voor de gezondheid van het watermilieu zijn, verwacht men geen grote toxische effecten op waterige milieus. Over de toxische effecten van nano-ceriumoxide op bodemorganismen is te weinig bekend om uitspraken te kunnen doen. Het zelfde geldt voor de lucht.

Oude studies naar gezondheidseffecten van nano-ceriumoxide zijn overwegend positief. Daarmee wordt bedoeld dat de resultaten van deze studies geen gevaarlijke risico's van nano-ceriumoxide vinden. Nieuwe studies vinden wel meer risico's bij het gebruik van nano-ceriumoxide. Zo worden er cytotoxische en eerder genoemde oxidatieve stress in longcellen gevonden. Het recentste onderzoek vindt ook DNA schade aan huid fibroblasten en legt de verbinding tussen oxidatieve stress en de DNA schade. De fibroblasten zijn de belangrijkste cellen van bindweefsel.

De dosis nano-ceriumoxide die vrijkomt bij de diesel uitstootproducten is niet volledig bekend en zou mogelijk lokaal hoge concentraties kunnen bereiken. Ook is het niet bekend of nano-ceriumoxide in de lucht op nanogrootte blijft. Het zou kunnen dat de deeltjes weleens gaan samenklonteren wanneer ze in de lucht terecht komen. Het stofje wat ervoor zorgde dat dit niet gebeurde in Envirox is er dan namelijk niet meer.

Dit rapport probeert een zo breed mogelijk beeld te geven van de voordelen en de nadelen van de toevoeging van nano-ceriumoxide aan brandstof. Doordat de meeste recente publicaties wel negatieve effecten vinden van nano-ceriumoxide, worden oude publicaties in twijfel getrokken.

De conclusie is dan ook dat er meer onderzoek zou moeten worden gedaan naar nieuwe gevonden negatieve effecten, om te kijken of deze effecten op zullen gaan bij de dosis die vrij zal gaan komen bij het gebruik van Envirox. Wanneer dit het geval kan Envirox wel degelijk een gevaar zijn voor de gezondheid van mens en dier. Wanneer deze negatieve effecten haast niet opgaan bij de vrijkomende dosis, kan er voorzichtig worden gezegd dat de positieve effecten van Envirox opwegen tegen de negatieve effecten. Dit omdat het economisch verantwoord is om te gebruiken en omdat het de gevaarlijke dieseluistootproducten terugdringt die schadelijk zijn voor de gezondheid en het milieu.