

TNO-rapport**TNO2018 R10232****Potentie van mitigatiemaatregelen in de oud
papier-en-kartonketen (OPK) ter reductie van
minerale-oliemigratie naar voeding**

Utrechtseweg 48

3704 HE Zeist

Postbus 360

3700 AJ Zeist

www.tno.nl

T +31 88 866 60 00

F +31 88 866 87 28

Datum	15 oktober 2018
Auteur(s)	L. Krul (in TNO dienst tot 1 mei 2018) M.Y. Meima H.E. Buist E.V. Verheij T.M. Slaghek B.J.W. Schaddelee-Scholten H.J. Cnossen C.A. van den Berg Goedgekeurd door M.A.J. Rennen
Goedgekeurd door	M.A.J. Rennen
Exemplaarnummer	--
Oplage	--
Aantal pagina's	182 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	11
Opdrachtgever	KIDV
Projectnummer	060.24290

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2018 TNO

Samenvatting

Aanleiding

Via voeding worden we blootgesteld aan minerale oliën. De aanwezigheid van verzadigde koolwaterstoffen (in het Engels afgekort als MOSH) en aromatische koolwaterstoffen (in het Engels afgekort als MOAH) als minerale-oliefracties in voeding wordt vanuit voedselveiligheidsoogpunt als verontrustend beschouwd. Het is gebleken dat nog veel informatie ontbreekt over de bronnen van MOSH en MOAH, en over het aandeel van die bronnen in de blootstelling. Echter op basis van:

-de huidig beschikbare informatie over blootstelling aan MOSH en MOAH via voeding;

-de huidige kennis over de potentiële aanwezigheid van MOSH en MOAH in voedselverpakkingen en over hun migratie vandaaruit naar voeding;

-het feit dat er MOAH verbindingen zijn die mogelijk schadelijk zijn voor het erfelijk materiaal (genotoxisch) waarvan derhalve de concentraties in voeding zo laag mogelijk moeten worden gehouden (het zogenaamde ALARA-principe¹), en;

-het feit dat de bronnen voor MOAH de minder gezuiverde minerale oliën betreffen², die voornamelijk als contaminant in voeding terechtkomen, bijvoorbeeld als gevolg van migratie vanuit gerecycled papier en karton;

wordt voldoende reden gezien na te gaan hoe de blootstelling aan MOSH en MOAH kan worden teruggedrongen. Aangezien bekend is dat migratie vanuit gerecycled papier en karton een relevante bron van MOSH en MOAH is, wordt in dit verkennend onderzoek de potentie van verschillende MOSH- en MOAH-reducerende maatregelen in de oud papier-en-karton (OPK)- stroom verkend.

Opdracht en benadering

Het Kennisinstituut Duurzaam Verpakken (KIDV) en Topinstituut Food and Nutrition (TiFN) hebben TNO opdracht gegeven om een verkennend onderzoek te doen naar de potentie van verschillende technologieën voor het verwijderen van minerale olie uit de (Nederlandse) OPK-stroom ten aanzien van voedselveiligheid (people), duurzaamheid (planet) en kosten/haalbaarheid (profit). De beoordeling is uitgevoerd aan de hand van een raamwerk dat is ontwikkeld ten behoeve van dit project. Met dit raamwerk wordt het effect van toepassing van de technologie op (minerale olie in) het gerecyclede product/proces vergeleken met een nul-situatie waarin geen maatregelen worden getroffen in de OPK-stroom. De drie aspecten zijn als volgt op basis van deelaspecten beoordeeld:

1. Voedselveiligheid: productveiligheid en ketenveiligheid
2. Duurzaamheid: materiaalbehoud, (energie)bronnen en afvalstromen
3. Kosten/haalbaarheid: kosten, efficiëntie productie, implementeerbaarheid, Technology Readiness Level (TRL-niveau), kwaliteit eindproduct

¹ ALARA = as low as reasonably achievable: zo laag als redelijkerwijs mogelijk; een principe dat bij risicobeoordeling wordt gehanteerd voor blootstelling aan stoffen die ook in zeer lage hoeveelheden schadelijk effecten kunnen hebben, zoals genotoxische verbindingen

² Voorbeelden van deze minder gezuiverde oliën zijn drukinkten (voor kranten/tijdschriften), smeerolie in machines voor voedselproductie, en schoonmaakmiddelen

De focus van de beoordeling ligt op het voedselveiligheidsaspect. Hierbij is in de eerste plaats het effect van een technologie op de reductie (van de migratie) van MOSH en MOAH beoordeeld. In de tweede plaats is beoordeeld of met toepassing van de technologie andere stoffen in het gerecyclede product geïntroduceerd konden worden en of dit effect kon hebben op voedselveiligheid. In algemene zin omvat voedselveiligheid veel meer dan de hier genoemde aspecten. Wanneer in dit rapport de term “voedselveiligheid” wordt gebuikt, wordt steeds de hierboven omschreven beperkte betekenis in het kader van de minerale-olieproblematiek bedoeld. Voor de voedselveiligheidsbeoordeling is ook verkend of de Complex Mixture Safety Assessment Strategy (CoMSAS), ontwikkeld door TNO, toepasbaar en van toegevoegde waarde is. CoMSAS is een wetenschappelijk onderbouwde methode voor de veiligheidsbeoordeling van mengsels. Hierbij is het niet nodig om alle stoffen te identificeren en separaat te beoordelen maar wordt meer gekeken naar de hoogte van de blootstelling en of deze voldoende laag is (onder veiligheidsdrempel) tenminste als de stoffen tevens voldoen aan een aantal criteria.

Voor een integrale beoordeling van de technologieën op alle geëvalueerde aspecten (voedselveiligheid, duurzaamheid en kosten/haalbaarheid), is het noodzakelijk de prestaties op de verschillende onderdelen tegen elkaar af te wegen. Hoe de afweging uitvalt is mede afhankelijk aan welk onderdeel het meeste waarde wordt gehecht. In de afweging die TNO heeft gemaakt heeft voedselveiligheid het zwaarst gewogen en is getracht aan de beide andere hoofdaspecten, duurzaamheid en kosten/haalbaarheid, een gelijk gewicht te geven. Een complicerende factor hierbij is dat voor de geëvalueerde aspecten van de verschillende technologieën vaak grote verschillen in beschikbaarheid van (betrouwbare) informatie bestaan en grote verschillen in de nauwkeurigheid van de beoordelingen. Daarom is in dit rapport een kwalitatieve integrale beoordeling gedaan.

De potentie van technologieën ter verwijdering of fixatie van minerale olie uit de OPK-stroom is vergeleken met de potentie van het gebruik van schonere (minerale-olievrije) inkten. Drukinkten gebruikt in kranten en tijdschriften worden namelijk gezien als grootste bron van contaminatie in de OPK-stroom. Op basis van het onderzoek zijn vervolgens aanbevelingen voor vervolgstappen gedaan.

KIDV/TiFN heeft TNO tevens gevraagd om een literatuuronderzoek omtrent de minerale-olieproblematiek in verpakkingen dat reeds was uitgevoerd door de Wageningen University & Research (WUR), aan te vullen vanuit perspectief van toxicologische risicobeoordeling. Het rapport van dit literatuuronderzoek is separaat gepubliceerd: Thoden van Velzen et al. (2018).

Technologieën ter verwijdering of fixatie van minerale olie

Tijdens het onderzoek is gebleken dat, wat betreft Nederland, in de praktijk slechts één technologie in gebruik is die direct gericht is op het tegengaan van migratie van minerale olie vanuit verpakkingen. Dit is de **MB12**-technologie die tot doel heeft minerale olie in de verpakking te fixeren. Daarnaast wordt in de verpakkings-industrie **flotatie** toegepast om papier te ontinkten. Aangezien minerale olie deels afkomstig is van inkt, kan deze technologie bijdragen aan de verwijdering van minerale olie uit gerecycled papier en karton, en is derhalve geselecteerd voor beoordeling middels het raamwerk.

Naast deze twee in Nederland al daadwerkelijk gebruikte technologieën, is in de wetenschappelijke literatuur gezocht naar andere, innovatieve, technologieën die geschikt kunnen zijn voor dit doel. **Superkritisch CO₂** en **thermische behandeling** bleken technologieën te zijn die momenteel ontwikkeld worden om minerale olie uit de OPK-stroom te verwijderen. Tevens is met experts gebrainstormd om tot nieuwe ideeën te komen op basis van kennis over het productieproces van papier en karton en de chemisch/analytische kennis over het gedrag van verbindingen in papier. Hieruit zijn de toepassing van zogenaamde **Anionic Trash Catchers (ATCs)** en van **gefunctionaliseerde klei** geïdentificeerd als technologieën met potentie om minerale olie in de verpakking te fixeren.

Evaluatie potentie technologieën

In een optimale situatie heeft de technologie een maximaal positief effect op voedselveiligheid, zonder nadelige effecten op duurzaamheid. Daarnaast is het belangrijk dat het (financieel) haalbaar is om de technologie te implementeren. Op basis van de experimentele uitkomsten en de literatuur kan worden geconcludeerd dat flotatie, MB12, sCO₂ en thermische behandeling effectief zijn in de reductie van MOSH- en MOAH-migratie vanuit de verpakking naar voeding. De mate van effectiviteit verschilt, waarbij sCO₂ het meest effectief lijkt (90-99%), daarna flotatie, MB12 en thermische behandeling (circa 70-80%). Voor ATCs en gefunctionaliseerde klei zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om de effectiviteit te kunnen beoordelen. Uit deze verkennende studie kan geconcludeerd worden dat geen van de geëvalueerde technologieën optimaal scoort. Vanuit voedselveiligheidsperspectief lijkt op basis van dit onderzoek sCO₂ het meest wenselijk, maar die technologie scoort met name ten aanzien van investeringskosten en energieverbruik ongunstig. Daarnaast zijn flotatie, thermische behandeling en MB12 vanuit voedselveiligheidsperspectief ook relatief gunstig. Flotatie is echter geen wenselijke optie vanuit duurzaamheids- en kostenperspectief. Voor thermische behandeling, ATCs en gefunctionaliseerde klei zijn er op dit moment nog te veel onzekerheden om conclusies te trekken over relatieve potentie. Aanvullend onderzoek kan bijdragen aan het oplossen of reduceren van die onzekerheden.

MB12 lijkt, ondanks het mogelijk negatieve effect op de ketenveiligheid en het ontbreken van informatie over kosten (waarbij derhalve is uitgegaan van kosten in de hoogste categorie), vooralsnog te prefereren op basis van de integrale, kwalitatieve afweging van alle in dit rapport geëvalueerde aspecten. Echter, het is een gepatenteerde technologie die op het ogenblik niet door derden kan worden toegepast. Derhalve kan, vanuit het perspectief van reductie van minerale oliën in de hele OPK-keten, MB12 alleen aanbevolen worden mits deze technologie ook door andere partijen mag worden toegepast.

Aan technologieën kunnen aanpassingen gedaan worden die de beoordeling positief kunnen beïnvloeden. Bijvoorbeeld het kunnen hergebruiken van energie, water en stoffen heeft een positief effect op de duurzaamheid, iets waar de recyclingindustrie in Nederland al veel aan doet. Daarnaast kan de doorontwikkeling van een technologie de beoordeling positief veranderen, bijvoorbeeld t.a.v. de efficiëntie (d.w.z. minder verlies van papiervezels).

Relatieve potentie van het gebruik van reducerende technologieën in de OPK-stroom versus het gebruik van schonere inkten

Een veel voorkomende gedachte is dat problemen aangepakt dienen te worden bij de bron. In het geval van de minerale-olieproblematiek is dit echter zeer complex, aangezien minerale olie in voeding vanuit veel verschillende bronnen afkomstig kan zijn. Drukinkten uit kranten vormen waarschijnlijk de grootste bron van minerale olie in gerecyclede verpakkingsmateriaal. Daarom is het gebruik van schonere inkten geselecteerd voor dit verkennend onderzoek. In de tabel worden de voor- en nadelen van de toepassing van technologieën in de OPK-stroom afgezet tegen het gebruik van schonere inkten.

	Reductie/fixatie minerale olie in verpakking	Schonere inkten
Voordeel	<p>Reductie/eliminatie van minerale-olie-migratie vanuit verpakking onafhankelijk van bron</p> <p>Direct effect op productveiligheid</p>	<p>Aanpak bij bron</p> <p>Aanpak grootste bron voor contaminatie in verpakkingsketen</p>
Nadeel	<p>Probleem blijft bestaan omdat de bronnen voor minerale olie in verpakkingen niet aangepakt worden</p>	<p>Is slechts één van meerdere bronnen van minerale olie in verpakkingen</p> <p>Vraagt medewerking van vele partijen wereldwijd</p> <p>Deze partijen (drukkers) hebben niet primair verantwoordelijkheid voor voedselveiligheid aangezien hun eindproduct (kranten/tijdschriften) niet bedoeld is voor voedselcontact</p> <p>Behalen van beoogde effect duurt naar verwachting decennia</p>

Met name op basis van de geringe haalbaarheid lijkt het gebruik van schonere inkten geen optie met voldoende impact om op de korte termijn de blootstelling aan MOSH en MOAH via voedselverpakkingsmateriaal uit gerecycled OPK te verminderen. Het neemt niet weg dat het vanuit voedselveiligheidsperspectief wenselijk is om schonere inkten toe te passen in plaats van traditionele inkten, ook al zijn de effecten pas op lange termijn merkbaar. Op basis van dit verkennende onderzoek kan geconcludeerd worden dat technologieën ter reductie van de migratie van minerale oliën op korte termijn relatief een grotere potentie hebben voor het aanpakken van het minerale-olievraagstuk bij gebruik van gerecycled OPK in voedselverpakkingsmateriaal.

CoMSAS: bruikbaarheid en toegevoegde waarde

Tijdens dit verkennende onderzoek is de toepasbaarheid en toegevoegde waarde van CoMSAS voor de evaluatie van de voedselveiligheid van technologieën voor de aanpak van de minerale-olieproblematiek onderzocht. Daartoe hebben twee papieren kartonproducenten monsters aan TNO verstrekt om dit experimenteel te onderzoeken voor MB12 en flotatie. Door monsters van voor en na toepassing van de technologie met elkaar te vergelijken kon het effect van de technologie op

voedselveiligheid beoordeeld worden. Op basis van de resultaten kan geconcludeerd worden dat CoMSAS:

- een duidelijk beeld geeft van welke stoffen door toepassing van de technologie geïntroduceerd of verhoogd worden;
- de blootstelling via voeding aan deze stoffen kan inschatten en relateren aan een veilige blootstellingsdrempel;
- de blootstelling aan alle extra gedetecteerde stoffen als veilig beoordeelt.

Op basis van deze uitkomsten blijkt dat toepassen van CoMSAS efficiënter en sneller is dan de traditionele aanpak waarbij alle stoffen apart geïdentificeerd en beoordeeld moeten worden, aangezien alle stoffen onder de blootstellingsdrempel vallen.

Algemene conclusie en aanbevelingen

Op basis van dit verkennende onderzoek kan het volgende worden geconcludeerd:

- Op korte termijn hebben technologieën ter reductie van minerale olie in voedselverpakkingen uit gerecycled OPK of van de migratie van minerale olie vanuit die verpakkingen meer impact op de vermindering van MOSH/MOAH in OPK gebruikt voor het bereiden van voedselverpakkingsmateriaal dan het toepassen van schonere inkten in drukwerk;
- Op langere termijn is toepassing van schonere inkten in plaats van traditionele inkten, die een bron van MOSH en MOAH vormen, wenselijk aangezien de concentraties van MOAH zo laag als mogelijk moeten worden gehouden vanwege hun mogelijke genotoxiciteit (ALARA principe);
- Van de onderzochte technologieën zijn er twee al in gebruik (MB12 en flotatie), twee in ontwikkeling (sCO₂ en thermische behandeling) en twee aanwezig als conceptueel idee (ATCs en gefunctionaliseerde klei);
- Alle technologieën waarvan de effectiviteit ter verwijdering/fixatie van minerale olie kon worden onderzocht (MB12, flotatie, sCO₂ en thermische behandeling), zijn in staat om >70% (oplopend tot 99%) minerale olie te elimineren dan wel te fixeren in het onderzochte verpakkingsmateriaal, derhalve bieden deze technologieën perspectief in het kader van minerale-olieproblematiek;
- Van deze technologieën is er geen die optimaal scoort op zowel voedselveiligheid als duurzaamheid en kosten/haalbaarheid;
- sCO₂ lijkt vanuit voedselveiligheidsperspectief de grootste potentie te hebben aangezien het >90%-99% van de minerale olie kan verwijderen, maar gaat in eindscore als gevolg van benodigde energie, investeringskosten en haalbaarheidsaspecten relatief omlaag;
- Bij integrale afweging van alle aspecten lijkt toepassing van het gepatenteerde MB12 op dit moment te prefereren, mits deze technologie ook door andere partijen toegepast mag worden;
- Er zijn andere bronnen van minerale olie in voeding dan verpakkingen. Maatregelen ter reductie van migrerende minerale oliën vanuit verpakkingen zullen derhalve nooit 100% effectief zijn voor het voorkomen van minerale olie in voeding.
- Echter met mitigatiemaatregelen in verpakkingen wordt naar verwachting een grote stap gemaakt in de reductie van migratie van MOAH uit verpakkingen van gerecycled OPK naar voeding. Vanuit voedselveiligheidsperspectief moet de

hoogste prioriteit gegeven aan vermindering van MOAH gezien hun potentieel genotoxische eigenschappen, waarvoor het ALARA principe geldt. Derhalve zijn mitigatiemaatregelen zeer wenselijk;

- Aan de hand van de raamwerkevaluatie is een goed overzicht verkregen van de voor- en nadelen van de nu beschikbare technologieën. Op basis hiervan kunnen bepaalde technologieën op zekere aspecten verbeterd worden, waarna de beoordeling aangepast kan worden en de balans opnieuw opgemaakt;
- Op basis van de CoMSAS-analyses waarbij alle stoffen onder de drempelwaarde vallen en dus niet geïdentificeerd hoeven te worden, kan geconcludeerd worden dat toepassen van CoMSAS efficiënter en sneller is dan de traditionele stofs specifieke aanpak;
- Een verkennend onderzoek met CoMSAS liet geen migratie uit met MB12 of flotatie behandelde producten zien die veilige niveaus overschreed.

Aanbevelingen

In dit verkennende onderzoek zijn verschillende opties op zich en ten opzichte van elkaar beoordeeld. Deze technologieën hebben potentie in relatie tot het vraagstuk en kunnen mogelijk verder geoptimaliseerd worden. Hiervoor zijn aanbevelingen gedaan voor de meest veelbelovende technologieën.

De minerale-olieproblematiek in voedingsmiddelen is een gevolg van meerdere bronnen en factoren. Derhalve hoeft de ene oplossing de andere niet uit te sluiten en wordt aanbevolen om, **daar waar mogelijk en relatief makkelijk, maatregelen te treffen**. Indien haalbaar is het in dit kader ook aan te bevelen om schonere inkten toe te gaan passen. Daarnaast is het wellicht ook mogelijk om door het **combineren van kennis en technologie** met nieuwe ideeën te komen om dit probleem aan te pakken. Aangezien de blootstelling aan minerale olie via voeding ook door **andere bronnen** wordt veroorzaakt, wordt aanbevolen om voor deze andere bronnen ook **mitigatiemaatregelen te onderzoeken** waarbij vanuit voedselveiligheidsperspectief voorrang gegeven dient te worden aan bronnen van MOAH.

Het wordt aanbevolen om **het ontwikkelde raamwerk ook toe te passen op een andere mitigatiemaatregel: het toepassen van deklagen**. Dit kan mogelijk op korte termijn oplossingen bieden.

Meerdere partijen zijn betrokken bij de verschillende mogelijke oplossingen. Daarom zijn de overige aanbevelingen geordend naar de (belangrijkste) betrokken partijen die ze zouden moeten uitvoeren.

Voor de OPK-industrie

- Zet een **licentiemodel** op voor de toepassing van MB12.
- Ontwikkel **ontassing** van MB12-bevattend OPK verder om het mogelijke effect van de aanwezigheid van MB12 met gebonden minerale olie op de ketenveiligheid te verkleinen.
- Onderzoek en monitor of MB12-gefixeerde minerale olie **te allen tijde gebonden in de verpakkingsmatrix** blijft.
- **Optimaliseer de sCO₂-technologie** dusdanig dat het de productie-efficiëntie niet nadelig beïnvloedt en minder investeringskosten vraagt.
- Pas het sCO₂-proces aan zodat de benodigde **energie op duurzame wijze kan worden verkregen en hergebruikt**.

Voor zowel flotatie als thermische behandeling worden op basis van de huidige kennis de nadelen met betrekking tot met name duurzaamheid en kosten te groot ingeschat om voor deze technologieën aanbevelingen te doen ter optimalisatie ten behoeve van de minerale-olieproblematiek.

Voor de inkt- en drukindustrie

- Pas schonere inkten toe en waar nodig ontwikkel ze verder voor meerdere druktechnieken, met name die plantaardige inkten behoeven.

Voor de voedingsindustrie

- Onderzoek **mitigatiemaatregelen** voor **andere bronnen van contaminatie van voeding met minerale olie** dan OPK, waarbij vanuit voedselveiligheids-perspectief voorrang gegeven dient te worden aan bronnen van MOAH.

Voor KIDV en andere onderzoeksinstellingen

- **Combineer kennis en technologie** om met nieuwe ideeën te komen om het minerale-olieprobleem aan te pakken.
- Breid de **CoMSAS-analyses** voor MB12 uit met meerdere monsters om inzicht te krijgen in de representativiteit van de experimentele bevindingen en evalueer de veiligheid van **alle nieuwe/verhoogde stoffen**, ook van de stoffen die niet geïdentificeerd konden worden.
- Exploreer **of en in welke mate** ATCs en gefunctionaliseerde klei **effectief zijn in de fixatie van minerale olie in de verpakkingsmatrix**. Pas als ze >90% van de minerale olie fixeren, deze opties verder onderzoeken en ontwikkelen, aangezien deze anders hoogstwaarschijnlijk niet opwegen tegen MB12 dan wel sCO₂

Summary

Motivation

Exposure to mineral oils occurs via food. From a food safety perspective, the presence of saturated hydrocarbons (mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH)) and aromatic hydrocarbons (mineral oil aromatic hydrocarbons (MOAH)) in food is considered alarming. It has been shown that there is a lack of information on the sources of MOSH and MOAH and their contribution to the total exposure to mineral oils. However, the following information provides sufficient reason for exploring methods to reduce the exposure to MOSH and MOAH:

- the current information available on exposure to MOSH and MOAH via food;
- the current knowledge about the potential presence of MOSH and MOAH in food packaging and their migration to food;
- the fact that MOAH are compounds that are possibly genotoxic. For genotoxic compounds it is required to keep the concentration in food as low as possible (the so-called ALARA-principle³), and,
- the fact that the sources of MOAH concern mineral oils that are less purified⁴ and mostly end up as a contaminant in food, for example by the recycling of paper and board.

As is known that migration from recycled paper and board is a relevant source of MOSH and MOAH, this research aimed to explore the potential of several measures to reduce MOSH and MOAH in the used paper-and-board chain (OPB chain).

Assignment and approach

The Netherlands Institute for Sustainable Packaging (KIDV) and the Top Institute Food and Nutrition (TiFN) commissioned TNO to perform an exploratory investigation into the potential of several technologies to eliminate mineral oil from the (Dutch) OPB chain, with respect to food safety (people), sustainability (planet) and costs/implementability (profit).

The assessment was performed using a framework developed for the purpose of this project. Applying the framework, the effect of the application of the technology on (mineral oils in) the recycled product/process was compared to a baseline situation without any measures in the OPB chain. The three aspects have been evaluated as follows:

1. food safety: product safety and chain safety
2. sustainability: material retention, (energy) sources and waste
3. costs and implementability: costs, production efficiency, implementability, Technology Readiness Level (TRL-level) and the quality of the final product

³ ALARA = as low as reasonably achievable: as low as reasonably possible; a principle used in risk assessment purposes for compounds that may be hazardous at very low amounts, such as genotoxic compounds

⁴ Examples of less purified oils are printing inks (for newspapers/magazines), lubricating oil for food production machinery and cleaning products

The focus of this assessment was food safety. In the first place, the effect of the technology on the reduction of (the migration of) MOSH and MOAH was assessed. In the second place, it was assessed whether the application of the technology could introduce other compounds in the recycled product and thereby influence food safety. In general, food safety encompasses many more aspects than those mentioned here; in this report the term “food safety” is used in the restricted sense within the framework of the mineral oil problem as described above. With respect to the food safety assessment, it was also investigated whether the Complex Mixture Safety Assessment Strategy (CoMSAS), developed by TNO, could be applied. CoMSAS is a science based method for the safety assessment of mixtures in which it is not necessary to separately identify and assess compounds when the exposure to these compounds is low (below the safety limit) provided the compounds concerned also meet certain criteria.

For an integrated assessment of the technologies on all evaluated aspects (food safety, sustainability and costs/implementability) it is necessary to weigh their performance on these different aspects. The result of this weighing depends, amongst others, on the importance that is attributed to each of them. TNO has attributed most weight to food safety and has strived to attribute equal weight to the other two aspects: sustainability and costs/implementability. In this process, the large differences in the availability of (reliable) information as well as in the precision of the assessments of the evaluated aspects of the various technologies, has been a complicating factor. Therefore, only a qualitative integrated assessment is given in this report.

The potential of the technologies to eliminate or fixate mineral oil from the OPB chain was compared with the potential of the use of cleaner (mineral-oil-free) inks, as printing inks used for newspapers and magazines are considered the major sources of contamination of the OPB chain with mineral oil. Based on this research recommendations for follow-up steps have been formulated.

Additionally, KIDV/TiFN asked TNO to complement, from the perspective of toxicological risk assessment, a literature review performed by Wageningen University regarding the issues surrounding mineral oils in packaging. The report of this literature research has been published separately: Thoden van Velzen et al. (2018).

Technologies for elimination or fixation of mineral oils

During the research it was found that in The Netherlands, in practice only one technology to reduce the migration of mineral oils from packaging is currently applied. This technology is the **MB12** technology, which aims to fixate the mineral oil in the packaging. In addition, the packaging industry applies **flotation** to deink paper. As the mineral oil partly originates from the ink, this technology may contribute to the elimination of mineral oils from recycled paper and board, and has therefore been selected for assessment using the framework.

Next to the two technologies already applied in The Netherlands, scientific literature was surveyed to identify whether there are other innovative technologies potentially suitable for the purpose of elimination of mineral oils. **Supercritical CO₂** and **heat treatment** are technologies that are currently being developed to eliminate mineral oil from the OPB chain. Additionally, brainstorming with experts was held to create new ideas based on the production process of paper and board and on

chemical/analytical knowledge regarding the behavior of compounds in paper. From those brainstorm, the application of **anionic trash catchers** (ATCs) and the use of **functionalized clay** were identified as potential technologies to fixate mineral oils in packaging.

Evaluation of the potential of the technologies

Based on the experimental results and the literature survey, it can be concluded that flotation, MB12, sCO₂ and heat treatment are effective in reducing migration of MOSH and MOAH from packaging to food. The level of effectiveness differs between the technologies, where sCO₂ seems to be most effective (90-99%) followed by flotation, MB12 and heat treatment (approximately 70-80%). For ATCs and functionalized clay insufficient information is available to assess their effectivity. The ideal situation would be a technology that has a maximal positive effect on food safety without having a negative influence on sustainability. In addition, it is important that the technology is feasible in terms of costs and implementability.

Based on this exploratory research, it can be concluded that none of the evaluated technologies has a maximal score. From a food safety point of view, it seems that, on the basis of this research, sCO₂ is the most desired technology. However, this technology scores low in terms of investment costs and the use of energy sources. Also flotation, heat treatment and MB12 are suitable technologies from a food safety point of view, but they perform less well compared to sCO₂. Flotation, however, is not desirable in terms of sustainability and costs. The number of uncertainties surrounding heat treatment, ATCs and functionalized clay impede drawing conclusions on their relative potential. Additional research could contribute to solve or reduce these uncertainties.

Despite the possible negative effect on chain safety and the absence of information on costs (for which reason costs were assumed to fall in the highest category), MB12 seems to be the preferred technology on the basis of an integral, qualitative weighing of all aspects assessed in this report. However, the technology is patented, and at the time cannot be applied yet by third parties. Therefore, from the perspective of reduction of mineral oils in the OPB chain, MB12 can only be recommended if the technology were allowed to be used by other parties.

Adjustment of technologies may positively influence the result of their assessment, e.g. by introducing reuse of energy, water and compounds (sustainability), a topic the recycling industry in The Netherlands is already putting a lot of effort in. Additionally, further technology development may positively influence the results of the assessment, for example in terms of efficiency.

Relative potential of the use of reducing/fixating technologies in the OPB chain vs. the use of cleaner inks

It is generally assumed that it is best to tackle problems at the source. However, from the perspective of the issues surrounding mineral oils, this is complex, as mineral oils in food can originate from many different sources. Printing inks from newspapers are probably the largest source of mineral oils in recycled packaging. Therefore, the use of cleaner inks was selected for investigation in this exploratory research. In the table below, advantages and disadvantages of the application of the reducing/fixating technologies in the OPB chain are set against the use of cleaner inks.

	Reduction/fixation of mineral oils in packaging	Cleaner inks
Advantage	Reduction/elimination of mineral oil migration from packaging independent of the sources Direct effect on product safety	Approach starts at the source of the problem Solves the problem for the major source of contamination in the packaging chain
Disadvantage	The problem remains as the sources of mineral oils are not dealt with	Addresses only one out of multiple sources of mineral oils in packaging Requires the contribution of multiple parties worldwide These parties (printing industry) are not primarily responsible for food safety as the final product (news-papers/magazines) is not meant for food contact Reaching the intended effect is expected to take decades

Primarily based on their low short-term implementability, cleaner inks do not seem capable of having sufficient impact on the reduction of exposure to MOSH and MOAH via food packaging material from recycled OPB in the short term. However, the fact remains that it is desirable to apply cleaner inks instead of traditional inks, although their impact is only felt in the long term. Based on this exploratory research, it can be concluded that the technologies to reduce migration of mineral oils have more potential to solve the mineral oil problems (for the use of recycled OPB in food packaging materials) in the short term than cleaner inks.

CoMSAS: applicability and added value

During this research, the applicability and added value of CoMSAS for the purpose of this research was investigated. For this purpose, two paper and board producers provided samples to TNO for experimental research on MB12 and flotation. By comparing samples taken before and after the application of the technology, the effect of the technology on food safety can be assessed. Based on the results it can be concluded that CoMSAS:

- provided a clear view on the compounds introduced or increased by application of the technology;
- was able to estimate the exposure via food to these compounds and relate it to a safe exposure limit;
- evaluated the estimated exposure of all additionally detected compounds as being safe.

Based on these results, it seems that CoMSAS is more efficient and faster method compared to the traditional approach by which all compounds are separately identified and assessed because all compounds are under the exposure threshold.

General conclusion and recommendations

Based on this exploratory research, the following can be concluded:

- In the short term, technologies for reduction of mineral oils in food packaging of recycled OPB or the migration of mineral oils from this packaging have more impact than the application of cleaner inks;
- However, although their impact is on felt in the long term, it is desirable to apply cleaner inks instead of traditional inks, which form a source of MOSH and MOAH (as the concentrations of MOAH need to be kept as low as possible (ALARA principle) due to their possible genotoxic potency);
- From the investigated technologies, two are already in use (MB12 and flotation), two are in development (sCO₂ and heat treatment) and two are available as a conceptual idea (ATCs and functionalized clay);
- All technologies of which the effectivity to eliminate/fixate mineral oils that could be investigated (MB12, flotation, sCO₂ and heat treatment) are able to eliminate or fixate >70% (up to 99%) in packaging material. Therefore, these technologies are promising for solving the issue of mineral oils;
- None of the technologies present an optimal score regarding food safety, sustainability and costs/implementability;
- sCO₂ seems to be most desirable in terms of food safety as it is able to eliminate >90%-99% of the mineral oils, however, due to negative scores on energy use, investment costs and implementability, the final score in relation to the other technologies decreases;
- In an integrated assessment of all aspects, the patented MB12 technology seems to be the preferred option, provided that this technology will be allowed to be used by other parties;
- There are more sources of mineral oils in food than packaging. Measures for reduction of migration of mineral oils from packaging will therefore never be 100% effective in the elimination of MOSH/MOAH;
- However, the application of mitigation measures in packaging made out of recycled OPB is expected to be a big step in reducing migration of MOAH to food. From a food safety perspective, highest priority needs to be given to the reduction of MOAH in view of its potential genotoxicity, for which the ALARA principle applies. Therefore, mitigation measures are highly desirable;
- The framework assessment yields a clear overview of the advantages and disadvantages of the assessed technologies. Based on this, several technologies may be improved in certain aspects, after which the assessment can be adjusted and the final judgement updated;
- Applying CoMSAS is more efficient compared to the traditional compound specific approach.
- An exploratory investigation using CoMSAS did not demonstrate migration from products treated with MB12 or flotation to levels exceeding the safety limit.

Recommendations

The issue of mineral oils in food products is a result of multiple sources and factors. Therefore, one solution does not rule out the other, and it is recommended, **where possible and relatively easy, to take action**. When feasible, it is recommended to start applying cleaner inks. Additionally, it may be possible to **combine knowledge and technology** to create new ideas to solve the problem. Since the exposure to mineral oils via food is also caused by **other sources**, it is recommended to **investigate mitigation measures** for these sources as well, in which, from a food safety perspective, priority should be given to sources of MOAH.

It is recommended to apply **the developed assessment framework to another mitigation measure as well: the application of coatings**. This may provide solutions in the short term.

Different stakeholders are involved with the different possible solutions. Therefore, the remainder of the recommendations are organized according to the (most important) stakeholders that should implement them.

For the OPB industry

- Set up a **license** model for the application of MB12
- Further develop **deashing** of OPB containing MB12 to decrease the possible effect of the presence M12 bound mineral oil on chain safety
- Investigate and monitor whether MB12 bound mineral oil will **always stay fixated in the packaging matrix**.
- Optimize the **sCO₂ technology** in order to increase its efficiency of production and decrease investment costs

Based on the present knowledge, the disadvantages of flotation and thermal treatment, especially with respect to sustainability and costs, are so big that at this time no recommendations for optimization aimed at the mineral oil problem can be made for these technologies.

For the ink and printing industry

- Apply cleaner inks and develop them further for various printing techniques, where needed, especially for those requiring vegetal oil-based inks

For the food industry

- Investigate **mitigation measures** for **other sources of mineral oil contamination in food** than OPB, giving, from a food safety perspective, priority to sources of MOAH

For the KIDV and other research institutes

- **Combine knowledge and technology** to produce new ideas to tackle the mineral oil problem
- Increase the **CoMSAS analyses** of MB12 with more samples to gain insight in the representativeness of the experimental results and evaluate the safety of **all new/increased substances**, including the substances that could be identified
- Explore **whether and to which degree** ATCs and functionalized clay are **effective in fixating mineral oil in the packaging matrix**. Investigate and further develop these options only if they are able to fixate >90% of the mineral oil, since otherwise they probably cannot compete with MB12 or sCO₂.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	17
2	Beschrijving technologieën ter reductie minerale olie in OPK keten	22
3	Raamwerk: methode ter evaluatie potentie technologieën	27
4	Evaluatie van de technologieën	33
4.1	MB12 technologie	33
4.2	Flotatie	36
4.3	Superkritisch CO ₂ technologie.....	38
4.4	Thermische behandeling	41
4.5	Anionic trash catchers	43
4.6	Gefunctionaliseerde klei	45
4.7	Integrale evaluatie potentie technologieën ter reductie minerale oliën	48
5	Evaluatie gebruik schonere inkten	53
6	Toepasbaarheid en waarde CoMSAS aanpak	62
6.1	Beschrijving methode	62
6.2	Toepassing CoMSAS in dit onderzoek.....	64
6.3	Resultaten en conclusie	65
7	Integrale evaluatie, conclusies en aanbevelingen	61
7.1	Relatieve potentie technologieën in OPK-keten versus schonere inkten.....	66
7.2	Discussie: onzekerheden en aannames in het onderzoek.....	68
7.3	Conclusies en aanbevelingen.....	69
8	Referentielijst	72
9	Ondertekening	74

Bijlage(n)

A Evaluatie MB12

B Beschrijving analysemethode MB12

C Evaluatie flotatie

D Toxicologische evaluatie van stoffen die bij flotatie gebruikt kunnen worden

E Analyserapport papier- en kartonproducent

F Figuren Analyserapport papier- en karton uit flotatieproces

- G Evaluatie sCO₂
- H Evaluatie thermische behandeling
- I Evaluatie anionic trash catchers
- J Evaluatie gefunctionaliseerde klei
- K Evaluatie schonere inkten

1 Inleiding

Aanleiding

Met een toenemende vraag naar en een afnemend aanbod van grondstoffen op de wereld is het essentieel om onze grondstoffen zo goed mogelijk te benutten en indien mogelijk te hergebruiken. Binnen de voedselverpakkingsindustrie wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van gerecycled materiaal, waarbij binnen de oud papier en karton (OPK) sector het materiaal al decennia hergebruikt wordt. Voorwaarde is dat het recyclen van materiaal niet leidt tot een verminderde productveiligheid. Om deze reden is het van belang om de potentiële aanwezigheid en mogelijke migratie van stoffen vanuit OPK naar voedingsmiddelen en hun toxiciteit goed in beeld te hebben, om op basis daarvan indien nodig maatregelen te treffen.

In de afgelopen jaren is meer aandacht gekomen voor migratie van stoffen vanuit gerecycled OPK dat in contact met voeding komt. Met name fracties van minerale oliën: MOSH en MOAH (afkortingen van respectievelijk verzadigde en aromatische koolwaterstoffen) worden vanuit toxicologisch oogpunt als verontrustend beschouwd. Het vraagstuk rondom de mate van toxiciteit van MOSH- en MOAH-fracties speelt al jaren, en met name ten aanzien van MOSH lijkt hier de komende jaren geen verandering in te komen, aangezien de oplossing nieuwe toxicologische data en wetenschappelijke consensus behoeft. Om deze reden is het van belang om de toxiciteit van MOSH en MOAH op basis van de huidige kennis in perspectief te plaatsen, en maatregelen te onderzoeken ter reductie van blootstelling aan deze minerale-oliën.

Het Kennisinstituut Duurzaam Verpakken (KIDV) is in het kader van de KIDV-brancheverduurzamingsplannen in 2015 gestart met een onderzoek op dit terrein, waarbinnen de WUR een verkenning heeft uitgevoerd betreffende voedselveiligheid bij gebruik van voedselverpakkingen die gemaakt zijn van OPK. De resultaten van deze verkenning zijn gepresenteerd op de KIDV-verdiepingsbijeenkomst van 9 juni 2016. Op basis van gesprekken tussen KIDV, WUR en TNO is daarna de vraagstelling voor vervolgonderzoek geformuleerd, gericht op de potentie van maatregelen ter reductie van blootstelling aan migranten uit OPK. De focus ligt hierbij op mogelijkheden ter reductie van MOSH en MOAH in de OPK-stroom.

De opdrachtgevers van dit verkennend onderzoek zijn KIDV en Topinstituut Food and Nutrition (TiFN), waarbij de financiering van het onderzoek is verzorgd door KIDV, TiFN en TNO.

Onderzoeksopdrachten

De onderzoeksopdrachten voor dit verkennend onderzoek zijn:

1. Hoofdoopdracht: *Verken aan de hand van literatuur, eerder onderzoek en eigen expertise verschillende mogelijkheden voor het verwijderen van minerale olie uit de (Nederlandse) OPK-stroom. Beoordeel deze mogelijkheden op effectiviteit (d.w.z.: oplossend vermogen reductie toxisch gevaar tegen aanvaardbare milieu-impact: People en Planet) en efficiency (haalbaarheid en aanvaardbare kosten: Profit).*

2. De potentie van verwijdering of fixatie van minerale olie uit de OPK-stroom kan niet los worden gezien van de potentie van twee andere opties: OPK-stromen met schonere (minerale olie-vrije) inkten en het inzetten van barrières/liners⁵. In deze verkennende studie is een afgebakende tweede onderzoeksopdracht: *Weeg de potentie van verwijdering of fixatie van minerale olie uit de OPK-stroom af tegen de potentie van het gebruik van schonere (minerale olie-vrije) inkten.*
3. *Geef adviezen voor mogelijke vervolgstappen op basis van de onderzochte maatregelen vanuit voedselveiligheidsperspectief (people) waarbij andere relevante factoren als duurzaamheid (planet) en haalbaarheid/kosten (profit) meegenomen worden.*
4. *De nadruk in dit onderzoek ligt op het people-aspect (voedselveiligheid). In het kader van de beoordeling van voedselveiligheid is de onderzoeksopdracht: Onderzoek of de innovatieve aanpak Complex Mixture Safety Assessment Strategy (CoMSAS)⁶ toepasbaar en van toegevoegde waarde is voor de beoordeling van technologieën toegepast op OPK.*

Naast deze onderzoeksopdrachten heeft TiFN/KIDV aan TNO gevraagd om het rapport dat de WUR heeft opgesteld op basis van de verkenning, aan te vullen betreffende de volgende aspecten:

- *het rapport uit te breiden met nieuwe relevante toxicologische literatuur aangaande minerale olie*
- *de minerale-olieproblematiek in perspectief te plaatsen vanuit een toxicologisch oogpunt en met het oog op blootstelling via verschillende bronnen.*

Het toxicologisch profiel van MOSH en MOAH (minerale oliën) dat in dit rapport is opgesteld, is tevens gebruikt ten behoeve van onderzoeksopdrachten 1 en 2.

Het onderhavige rapport beschrijft de uitvoering, de resultaten en de conclusies van opdrachten 1-4, terwijl het aangevulde WUR-rapport separaat gepubliceerd is door Thoden van Velzen et al. (2018).

Onderzoek aanpak en opbouw rapportage

Inhoudelijk

Om een beter beeld te krijgen van de OPK-stroom en de minerale-olieproblematiek, is het project gestart met een inventarisatie van de Nederlandse OPK-stroom, drukprocessen en hergebruik. Deze kennis is vastgelegd in een achtergronddocument voor de onderzoekers. Daar waar nodig geacht, is deze informatie in de tekst van dit rapport verwerkt. In parallel is het WUR rapport aangevuld ten aanzien van blootstelling, toxicologie en risicobeoordeling van MOSH en MOAH (Thoden van Velzen et al., 2018). Door deze stappen werd een goed beeld verkregen van de betrokken partijen in de industrie, de problematiek en de toxicologische ernst van de problematiek. Het is gebleken dat er met name ten aanzien van de bronnen van MOSH en MOAH en het aandeel van bronnen in de blootstelling nog veel informatie ontbreekt. Echter op basis van:

⁵ Een reductie van migratiegevaar kan ook worden verkregen wanneer kranten en tijdschriften apart worden ingezameld en dit bedrukte OPK-materiaal niet wordt gebruikt in voedselcontactmaterialen; deze oplossing, evenals deklagen, laten we buiten de beschouwing.

⁶ De methode CoMSAS wordt nader toegelicht in hoofdstuk 2 'Materiaal en methoden'

- de huidig beschikbare informatie over blootstelling aan MOSH en MOAH via voeding;
- de huidige kennis over aanwezigheid en migratie van MOSH en MOAH vanuit voedselverpakkingen;
- het feit dat MOAH potentieel genotoxische verbindingen zijn waarvoor gestreefd dient te worden naar zo laag mogelijke concentraties in voeding en;
- dat bronnen voor MOAH de minder gezuiverde minerale oliën betreffen⁷ die voornamelijk als contaminant in voeding terechtkomen bijvoorbeeld als gevolg van migratie vanuit gerecycled papier en karton;

wordt voldoende reden gezien na te gaan hoe de blootstelling kan worden teruggedrongen (Thoden van Velzen et al., 2018). Gezien op basis van bovenstaande verondersteld wordt dat migratie vanuit gerecycled papier en karton een relevante bron van MOSH en MOAH is, worden in dit onderzoek de potentie van verschillende mitigatiemaatregelen verkend.

Hiervoor is een raamwerk ontwikkeld waarmee de effecten van een technologie (maatregel) beoordeeld kunnen worden ten aanzien van voedselveiligheid (people), duurzaamheid (planet) en haalbaarheid/kosten (profit). Dit raamwerk is beschreven in hoofdstuk 3 evenals de uitgangspunten die gehanteerd zijn ten behoeve van dit verkennende onderzoek betreffende mitigatiemaatregelen.

Hoofdpdracht: mitigatiemaatregelen ter verwijdering of fixatie minerale oliën

Op basis van literatuuronderzoek en gesprekken met belanghebbenden zijn de mogelijkheden voor verwijdering of fixatie van minerale olie uit de OPK-stroom verkend. Tijdens deze verkenning is gebleken dat er momenteel beperkt technologieën operationeel zijn die gericht zijn op het verwijderen van minerale olie uit de OPK-stroom. Om deze reden is het onderzoek verbreed naar technologieën die minerale olie in (voedsel)verpakking fixeert, waarmee migratie naar voeding voorkomen kan worden. Daarnaast is gekeken naar een technologie die momenteel in ontwikkeling is voor dit doel en is gebrainstormd om tot nieuwe ideeën te komen voor dit vraagstuk waarbij rekening gehouden wordt met eenvoudige implementatie in de OPK-stroom. In hoofdstuk 2 worden deze geïdentificeerde methoden/technologieën beschreven. Voor twee van deze methoden, MB12 technologie (fixatie) en flotatie (ontinkten/uitwassen), hebben bedrijven monsters aan TNO verstrekt waarop CoMSAS en minerale olie analyses zijn uitgevoerd. Op basis van alle beschikbare informatie die voor twee technologieën aangevuld zijn met de analyseresultaten, is de technologie aan de hand van het raamwerk beoordeeld (hoofdstuk 4).

Gebruik schonere (minerale olie-vrije) inkten

De potentie van het verwijderen van minerale oliën wordt in dit verkennende onderzoek afgezet tegen de potentie van het gebruik van schonere inkten. In dit kader is een globale verkenning gedaan van welke opties er zijn om schonere inkten te gebruiken. Aangezien in de OPK-stroom papier en karton aanwezig is afkomstig van diverse bronnen waarvoor verschillende druktechnieken en inkten worden gebruikt, maakt dit een complex vraagstuk. In hoofdstuk 5 zijn deze verschillen beschreven alsook de opties die er zijn om schonere inkten te

⁷ Voorbeelden van deze minder gezuiverde oliën zijn drukinkten (voor kranten/tijdschriften), smeerolie in machines voor processen van voeding en schoonmaakmiddelen

gebruiken. Vervolgens is in dit hoofdstuk een beoordeling van twee situaties op basis van het raamwerk gedaan.

Integrale evaluatie, conclusies en aanbevelingen

Op basis van de conclusies die na beoordeling van de technologieën getrokken zijn, zijn de opties 'verwijderen minerale oliën' en 'gebruik schonere inkten' in relatie tot het gezondheidsvraagstuk en in relatie tot elkaar beoordeeld in hoofdstuk 6 (opdracht 2). Daarnaast is geëvalueerd of CoMSAS een bruikbare methode is in het kader van dit vraagstuk en of CoMSAS toegevoegde waarde heeft ten opzichte van de huidige veiligheidsbeoordelingsmethoden (opdracht 4). Naar aanleiding van deze evaluaties zijn aanbevelingen voor vervolgonderzoek gedaan (opdracht 3).

Afbakening onderzoek

Het vraagstuk rondom veiligheid verhogende maatregelen aangaande minerale oliën in voeding heeft een grote omvang. In dit verkennende onderzoek is getracht om een begin te maken met het vinden van oplossingen (technologieën) binnen de OPK-stroom. Hierbij zijn deze technologieën afgewogen tegen de potentie van het gebruik van schonere inkten. Hierbij dient opgemerkt te worden dat gezien de focus van dit onderzoek, het onderzoek naar gebruik van schonere inkten van beperkte diepgang is geweest. Met dit onderzoek wordt beoogd een waardevol resultaat te leveren in het kader van de minerale-olieproblematiek. Echter het omvat niet alle relevante aspecten. Om deze reden wordt hierbij aangegeven wat in dit onderzoek niet onderzocht is, maar wel potentieel relevant:

- de potentie van gebruik deklagen t.o.v. de hier behandelde technologieën;
- de potentie van gescheiden papier/kartoninzameling (food-grade versus non-food) t.o.v. de hier behandelde technologieën;
- de mogelijke bijdrage van andere bronnen van minerale olie in de voedingsketen aan het gehalte MOSH/MOAH in voeding (Thoden van Velzen et al., 2018).
- generatie van nieuwe toxicologische informatie ten aanzien van MOSH/MOAH;
- de ontwikkeling van betere analysemethoden voor MOSH/MOAH (o.a. verkleinen kans vals positieven);
- benoemen en interpretatie van relevante wet- en regelgeving.

Procesmatig

Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden is, naast raadpleging van (wetenschappelijke) literatuur, medewerking van betrokken belanghebbenden van essentieel belang geweest. Dit betreft met name de OPK-industrie en de inktindustrie. Om de samenwerking te faciliteren heeft het KIDV een klankbordgroep opgericht ten behoeve van dit onderzoek. Deze klankbordgroep bestond uit:

- Hielke van den Brink (namens Papier Recycling Nederland (PRN))
- Corneel Lambregts (namens Vereniging van Nederlandse Papier- en Kartonfabrieken (VNP))
- Maarten Reuderink (namens Koninklijk Verbond van Grafische Ondernemingen (KVGGO))
- Annita Westenbroek (namens VNP en PRN)
- Peter Blok (KIDV)
- Hans van Trijp (TiFN)

De klankbordgroep heeft de medewerking van relevante partijen gefaciliteerd. Daarnaast heeft ze een adviserende functie gehad, in het kader waarvan tijdens het project meerdere klankbordgroep overleggen hebben plaatsgevonden. TNO heeft de informatie die via alle verschillende kanalen is verkregen, op een objectieve en onafhankelijke manier geëvalueerd, en zoveel mogelijk gebruik gemaakt van verifieerbare feitelijke informatie. Desondanks kon niet in alle gevallen de verkregen informatie feitelijk worden geverifieerd. In die gevallen is aangegeven dat de informatie is verkregen van een belanghebbende. Deze informatie is getoetst op feitelijke onjuistheden bij de betreffende belanghebbende.

2 Beschrijving technologieën ter reductie minerale olie in OPK keten

De kern van het probleem betreffende de aanwezigheid van minerale oliën in gerecycled papier en karton betreft het feit dat de minerale olie naar de verpakte voedingsmiddelen migreert. In dit onderzoek worden methoden/technologieën (verder technologieën benoemd) geïnventariseerd en beoordeeld die toegepast kunnen worden in de productieketen van gerecycled OPK die de blootstelling aan minerale olie als gevolg van migratie vanuit het gerecycled OPK materiaal kunnen reduceren of stoppen. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen technologieën gericht op het verwijderen van minerale oliën en op fixatie van minerale olie in de verpakking. Tijdens het onderzoek is gebleken dat, in ieder geval wat betreft Nederland, in de praktijk slechts één technologie in gebruik die direct gericht is op het tegengaan van migratie van minerale olie vanuit verpakkingen. Dit is de MB12-technologie die gericht is op fixatie van minerale olie in de verpakking.

Daarnaast wordt in de verpakkingindustrie flotatie toegepast om papier te ontinkten. Aangezien minerale olie deels afkomstig is van inkt, wordt verwacht dat deze technologie bijdraagt aan reductie van minerale olie in gerecycled papier en karton. Naast deze twee opties, is de wetenschappelijke literatuur geëvalueerd om andere, innovatieve technologieën te identificeren die geschikt kunnen zijn voor dit doel. Aanvullend is met TNO experts en Annita Westenbroek (VNP/PRN) gebrainstormd om tot nieuwe ideeën te komen op basis van kennis over enerzijds het papier en karton productieproces en anderzijds de chemisch/analytische kennis over gedrag verbindingen in het papier. In dit hoofdstuk worden de verschillende technologieën omschreven alsmede of deze potentieel geschikt worden geacht voor het verwijderen dan wel fixeren van minerale olie.

In de praktijk

MB12

Smurfit Kappa heeft een technologie geïntroduceerd die minerale olie in de verpakking bindt waardoor het niet/in mindere mate naar voeding kan migreren. Deze technologie, genaamd MB12® (hierna MB12 technologie genoemd), is gebaseerd op het adsorptiemiddel actieve kool (active carbon) (Smurfit Kappa, n.d.). Smurfit Kappa heeft een patent op de MB12 technologie en is hiermee, voor zover bekend, de enige aanbieder van de technologie. Vanwege het patent kan niet verder ingegaan worden op de toepassingsmethode van MB12 in het papierproductieproces. TNO heeft van Smurfit Kappa vouwkartonmonsters ontvangen met en zonder MB12 om hiermee de effectiviteit en consequenties voor productveiligheid te onderzoeken. De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven en meegenomen in de MB12 evaluatie aan de hand van het raamwerk.

Flotatie

De flotatietechniek is de meest toegepaste methode in Europa om inkt van de vezels te scheiden. Flotatie wordt toegepast om een hoogwaardiger papierproduct te verkrijgen aangezien flotatie zorgt voor het witter maken van papier.

Bij flotatie wordt eerst het verzamelde papier gemengd met water, waarna het met een zogenaamde "pulper" of een vervezeltrommel uit elkaar wordt geslagen (Papierpraat, n.d.). Diverse middelen worden vervolgens toegevoegd om de zuurgraad te verhogen. De ongewenste delen (waaronder nietjes, stukjes plastic, paperclips) worden uit de papierslurry verwijderd door middel van filtertechnieken en de inktresten worden middels opstijgende (zeep) luchtbellen aan het oppervlak

gebracht. Met behulp van chemicaliën binden de luchtbellen aan de inkt en vormen zo een soort schuimlaag aan het oppervlak waar het vervolgens wordt weggeveegd. Dit proces wordt in sommige gevallen herhaald waarbij het afgeschepete schuim ook kan worden behandeld om aanwezige chemicaliën en vezels terug te winnen. Het water wat gebruikt wordt voor ontinkten en reinigen kan behandeld en hergebruikt worden (Papierpraat, n.d.). Flotatie kan zowel procesmatig als qua gebruikte ingrediënten en/of apparatuur zeer variëren tussen flotatie-industrieën. Het proces kan bijvoorbeeld variëren in het aantal flotatierondes, het aantal flotatiecellen of het al dan niet uitvoeren van een wasstap voor flotatie. De flotatiechemicaliën kunnen puur chemisch zijn maar ook (voor een deel) enzymatisch. De apparatuur varieert veelal in grootte en aantal als gevolg van procesmatige beslissingen, efficiëntie van productie of pragmatische overwegingen. Ook kan het voorkomen dat er aanvullende apparatuur in het flotatieproces is toegevoegd wat niet standaard gebruikt worden voor flotatie; bepaalde producenten maken bijvoorbeeld gebruik van een schroefpers in het proces om de waterkringloop te sluiten.

Flotatie wordt voor zover bekend niet specifiek ingezet ter eliminatie van minerale olie uit het verpakkingsproduct. Echter gezien het feit dat minerale olie resten in verpakkingsproducten voor een aanzienlijk deel het gevolg zijn van het gebruik van minerale olie bevattende drukinkten, is de hypothese dat met flotatie minerale olie uit het verpakkingsproduct verwijderd kan worden. Om deze reden is in Nederland gezocht naar partijen die flotatie toepassen en dit doen op papier waarvan met zekerheid gesteld kan worden dat er minerale olie in zit. Via VNP is TNO in contact gebracht met een papier- en kartonproducent die flotatie toepast op een grafische papierlijn. Deze papier- en kartonproducent heeft medewerking verleent om te onderzoeken of flotatie effectief is in het verwijderen van minerale olie. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de bewuste papierlijn niet bedoeld is om in contact met voedsel te komen. Dit neemt echter niet weg dat het zich goed leent voor dit onderzoek. De betreffende papier- en kartonproducent wil niet met naam genoemd worden in dit rapport. Derhalve wordt verwezen naar 'papier- en kartonproducent'.

De betreffende papier- en kartonproducent voert een dubbele chemische flotatietechniek uit op hun papierlijn. Daarnaast heeft het een verpakkingslijn waar geen flotatie wordt toegepast, maar reiniging van pulp door zogenaamde cleaners en sorteerder (papier- en kartonproducent). Bij beide lijnen heeft TNO monsters genomen om de effectiviteit van het verwijderen van minerale oliën te bepalen dus naast flotatie ook het effect van wassen/reiniging te bekijken. In de grafische papierlijn zijn op meerdere plaatsen in het proces monsters worden genomen om per stap de effectiviteit te kunnen bepalen. Dit is nader omschreven in de analyserapportage in Bijlage C. Aan de hand van deze monsters kan met name bekeken worden wat het effect is van de tweede flotatieronden ten opzichte van de eerste flotatieronde, naast het algehele effect op het verwijderen van minerale olie uit OPK met deze techniek. De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven en meegenomen in de flotatie evaluatie aan de hand van het raamwerk.

In ontwikkeling

Bovengenoemde technologieën worden reeds toegepast in de OPK industrie. In deze sectie worden de technologieën omschreven die op basis van een literatuurinventarisatie in de wetenschappelijke literatuur als (potentieel) effectief worden beschouwd in dit vraagstuk.

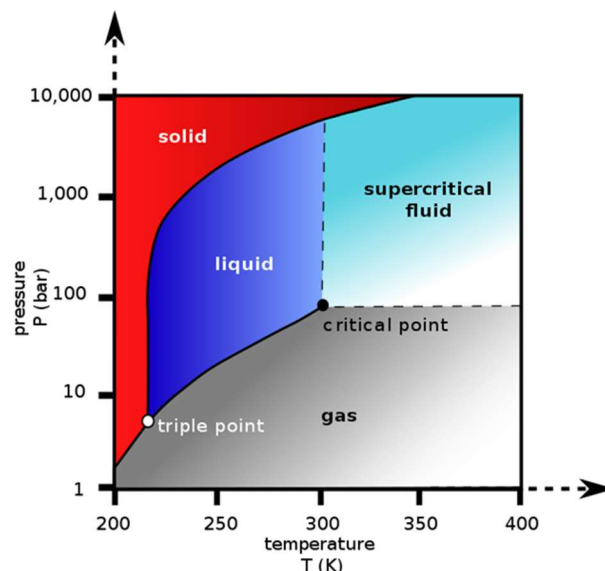
Superkritisch CO₂

Een aantal onderzoeksinstellingen, waaronder de Technische Universität Darmstadt en Feyecon, hebben de mogelijkheid om verschillende contaminanten in gerecycled papier, waaronder minerale oliën, te verwijderen middels de

superkritisch CO₂ (sCO₂) technologie onderzocht. De technologie gaat uit van het principe dat CO₂ in een zogenaamde superkritische vloeibare staat kan worden gebracht door verhoging boven zijn kritische temperatuur en kritische druk (Runte, S., Kersten, 2016), zie ter illustratie figuur 1.

sCO₂ heeft het dichtheidsniveau van een vloeibare substantie en een hoog oplosbaar vermogen (Runte, S., Kersten, 2016). Door de superkritische staat gaat het sCO₂ gemakkelijk door vaste stoffen (zoals papier) heen (FeyeCon). Het toepassen van sCO₂ in deze vorm gebeurt in een autoclaaf, waarna het door een vezel met hoge druk wordt geleid waar de onzuiverheden (minerale oliën) in het sCO₂ worden afgevangen (FeyeCon). Doordat sCO₂ een niet-polair medium is, worden voornamelijk niet-polaire stoffen (zoals minerale oliën) opgelost (Runte, S., Kersten, 2016). Door te variëren met temperatuur en drukcondities kan gestuurd worden op welke verbindingen er afgevangen worden. Alle anorganische stoffen worden afgevangen, echter zouten en kleien blijven onaangestast (FeyeCon).

Het gehele proces van de toepassing van sCO₂ kan in een gesloten systeem plaatsvinden. Niet enkel CO₂, maar ook de warmte kan volgens Feyecon opnieuw gebruikt worden. De afgevangen minerale oliën zouden in theorie ook opnieuw gebruikt kunnen worden (Feyecon). Dit vergt echter verdere zuivering- en scheidingsstappen (VNP/PRN)



Figuur 1. Fasediagram van CO₂

(Bron:

http://www.agrofoodwiki.nl/index.php/Extractie_op_basis_van_superkritische_CO2)

Thermische behandeling

Aan de Universiteit van Darmstadt wordt een methode ontwikkeld speciaal gericht op het verwijderen van MOSH en MOAH uit droog gerecycled papier. De methode wordt beschreven in een publicatie van Ewald, Kersten, & Schabel, 2016 en berust op de behandeling van papier met stoom en hete lucht ("heat treatment"). Behandeling met stoom en hete lucht zijn met elkaar vergeleken in de studie van Ewald. De behandeling werd toegepast op droge papier monsters in versnipperde vorm (0.5 cm²). De papieren monsters werden in een cilinder geplaatst (100 mm diameter) waarbij aan boven en onderkant geperforeerde platen bevestigd zijn met een gat van 0.5 mm diameter. Hierdoor kan er lucht door de papiersnippers

geblazen worden. Voor stoom betreft dit 70 L/minuut (met een verplaatsbare stoomgenerator) en voor hete lucht is dit 500 L/minuut (met een 'hot air gun'). In het onderzoek is naar verschillende parameters gekeken: luchttemperatuur, stoomdruk, behandelingstijd en invloed van grootte papier. MOSH/MOAH is geanalyseerd volgens de BfR methode. Gezien de potentie van thermische behandeling die blijkt uit de gevonden literatuur, is deze optie geëvalueerd met het raamwerk.

In potentie

Naast de wetenschappelijke ontwikkelingen te bestuderen, is door middel van een brainstorm met experts nagedacht over mogelijke laagdrempelige opties die ook effectief zouden kunnen zijn in dit vraagstuk. Deze worden hier omschreven.

Anionic trash catchers

Anionic trash catchers (ATCs) zijn kationische polymeren met een laag atomisch gewicht. Een aantal voorbeelden van deze stoffen zijn methylcellulose, polyurethaan, caseïne en zeïne. De stoffen worden al gebruikt in de papierindustrie om ongewenste deeltjes uit de pulp te verwijderen. Gezien het type verbindingen die ATCs wegvangen (moleculen met een negatieve lading), is de hypothese dat deze mogelijk ook minerale oliën (anionic trash) uit een recycling stroom zouden kunnen vangen. Gezien ATCs al toegepast worden in de papierindustrie, lijkt dit daarbij een optie die goed implementeerbaar is. Om bovengenoemde redenen zijn ATCs meegenomen in dit verkennende onderzoek.

Er is een grote diversiteit aan ATCs en op basis van de eigenschappen van minerale oliën (MOSH/MOAH) is een keuze gemaakt voor mogelijk geschikte ATCs voor het verwijderen van MOSH/MOAH. Zowel voor het uitwassen als fixeren van minerale oliën zijn ATCs nodig die enigszins hydrofoob zijn en een kleine lading hebben (dit zijn vaak coagulanten) aangezien MOSH en MOAH veelal hydrofoob zijn. Hydrofobe deeltjes zijn in staat om minerale oliën vangen in een hydrofiele omgeving. Zeïnes zijn natuurlijke ATCs die voldoen aan dit criterium en polyacrylaten zijn synthetische ATCs die voldoen. (Deze) ATCs zijn getoetst aan het raamwerk voor zover in dit stadium mogelijk uitgaande van de situatie dat ze uitgewassen worden.

Gefunctionaliseerde klei

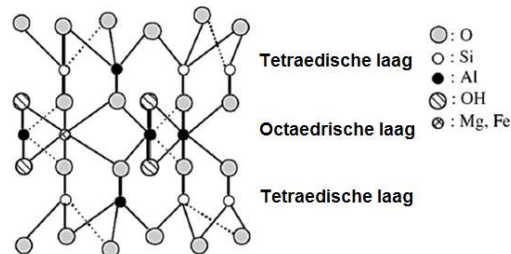
Een conceptueel idee is om functionele (gehydrofobeerde) kleimineralen te gebruiken waarmee minerale oliën gefixeerd worden in papiervezels.⁸ Kleimineralen als montmorillonite, bentoniet, kaoliniet en sepioliet worden reeds voor vele toepassingen binnen verschillende industrieën gebruikt (Maisanaba, Pichardo, Puerto, Gutiérrez-praena, & Cameán, 2015; Shaikh, Nasser, Hussein, Benamor, & Onaizi, 2017), waaronder de papier en karton industrie.

Klei is oorspronkelijk hydrofiel, echter door additie van hydrofobe surfactanten tussen de kleilagen (gebaseerd op ion-uitwisseling) kan een hydrofobe klei worden verkregen, welke in staat is om hydrofobe stoffen (zoals minerale oliën) te vangen in een hydrofiele omgeving. Hydrofobe modificatie wordt veelal bewerkstelligd door het toevoegen van ammoniumzout aan klei (Maisanaba et al., 2015). Bij hydrofobe modificatie blijft de structuur van de oorspronkelijke klei intact (OECD, 2017).

Bentoniet is een voorbeeld van een klei die beschouwd kan worden als een basisgrondstof voor verdere hydrofobe modificatie. Bentoniet is een generieke naam voor kleien met een specifieke structuur, bestaande uit drie lagen (zie figuur

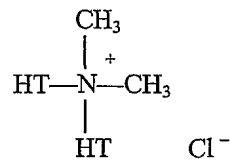
⁸ Daar waar geen referentie is gegeven voor informatie, is de informatie afkomstig van experts binnen TNO

2), en wordt natuurlijk gedolven en is een mix van verschillende kleien waaronder montmorillonite. Bentoniet is door haar grote oppervlakte en kationenuitwisselingsmogelijkheid een zeer capabele absorbant. De toepassing van bentoniet hangt af van de compositie van de mineralen en het type van uitwisselbare ionen (Shaikh et al., 2017).



Figuur 2. Structuur van bentoniet (Shaikh et al., 2017, aangepast). Momenteel wordt binnen de industrie voornamelijk bentoniet gebruikt door de lage prijs en omdat het food grade⁹ is.

De beschreven hydrofoob gemodificeerde kleimineralen worden ook wel organokleien¹⁰ genoemd. Cloisite-20 is een voorbeeld van een dergelijke organoklei die commercieel verkrijgbaar is. Cloisite-20 is gemodificeerd bentoniet, en wordt door de producent omschreven als bis(hydrogenated tallowalkyl) dimethyl, zout met bentoniet. Om Cloisite-20 te creëren, wordt er een quaternair ammoniumzout toegevoegd aan bentoniet (Fig 3). De structuur van bentoniet blijft ongeschonden (OECD, 2017).



Figuur 3. Structuur van quaternair ammoniumzout, het molecuul dat wordt toegevoegd aan bentoniet om organoklei creëren.

Het conceptidee betreft dat organoklei toegevoegd zou kunnen worden aan het natte-eind stadium (welke het begin is van een papierproductieproces) van de papier- en kartonproductie. Het is een voorwaarde dat de klei uniform te dispergeren is. Om dit te bewerkstelligen zal de organoklei eerst goed gemengd moeten worden met de papiervlokken aan het natte-eind. De organoklei dient zich in het natte-eind stadium te binden aan de minerale oliën, en dat ze het gedurende het proces gebonden blijven aan de minerale oliën. Het eindproduct van papier en karton bevat zo organoklei met ingekapselde minerale oliën.

Organoklei is getoetst aan het raamwerk voor zover in dit stadium mogelijk.

⁹ Benodigdheden die van voldoende kwaliteit zijn om veilig te worden gebruikt in de voedingsindustrie – dit betekent niet dat de stof in het voedsel terecht mag komen.

¹⁰ Organoklei: natuurlijk voorkomende kleimineralen die een oppervlaktebehandeling hebben ondergaan om de hydrofiële oppervlakte te veranderen in een hydrofobe zonder dat de structuur van het kleimineraal wordt aangepast.

3 Raamwerk: methode ter evaluatie potentie technologieën

De technologieën en de potentie van schonere inkten worden beoordeeld aan de hand van de items: effect voedselveiligheid, duurzaamheid en haalbaarheid/kosten. Alle items hebben onderlinge indicatoren ter beoordeling. Hier wordt toegelicht waarom en hoe deze items/indicatoren beoordeeld worden. De items worden beoordeeld in kwalitatieve zin door middel van 5 categorieën: ++, +, 0, -, --. In de beoordeling wordt de nieuwe situatie als gevolg van toepassing van de maatregel/technologie afgezet tegen de huidige OPK situatie zonder gebruik ervan. Een + of ++ betekent een verbetering op dat aspect ten opzichte van de huidige situatie, een 0 betekent geen verandering en – of – betekent een verslechtering op dat aspect.

Voor een integrale beoordeling van de technologieën op alle geëvalueerde aspecten (voedselveiligheid, duurzaamheid en kosten/haalbaarheid), is het noodzakelijk de prestaties op de verschillende onderdelen tegen elkaar af te wegen. Hoe de afweging uitvalt is mede afhankelijk aan welk onderdeel het meeste waarde wordt gehecht. In de afweging die TNO heeft gemaakt heeft voedselveiligheid het zwaarst gewogen en is getracht aan de beide andere hoofdaspecten, duurzaamheid en kosten/haalbaarheid, een gelijk gewicht te geven. Een complicerende factor hierbij is dat voor de geëvalueerde aspecten van de verschillende technologieën vaak grote verschillen in beschikbaarheid van (betrouwbare) informatie bestaan en grote verschillen in de nauwkeurigheid van de beoordelingen. Daarom is in dit rapport een kwalitatieve integrale beoordeling gedaan.

Effect technologie op voedselveiligheid

De beoordeling van productveiligheid is gebaseerd op twee aspecten in dit project.

- Er wordt beoordeeld in hoeverre de hoeveelheid minerale olie in de OPK verpakking gereduceerd is.
- Er wordt beoordeeld of de technologie leidt tot introductie van nieuwe stoffen in de verpakking en, indien dit het geval is, of hieraan mogelijke gezondheidskundige risico's verbonden kunnen zijn.

De veiligheid de aanwezigheid van een stof in een product is afhankelijk van de toxiciteit van die stof en de blootstelling aan die stof door die aanwezigheid, tevens rekening houdend met eventuele 'normale' blootstelling vanuit andere bronnen.

Toxiciteit

Voor stoffen waarvan bekend is dat deze gebruikt worden in de technologie, is de toxicologische literatuur gezocht en geëvalueerd. Hierbij is ook bekeken of er (toxicologische) limietwaarden bekend zijn van de betreffende stof zoals een Specific Migration Limit (SML), aanvaardbare dagelijkse inname (ADI) of Tolereerbare Dagelijkse Inname (TDI). Opgemerkt dient te worden dat een SML geen toxicologische limietwaarde is, maar dat onderliggende toxicologische informatie gebruikt kan worden ter afleiding van een toxicologische limietwaarde. Indien er onvoldoende stof specifieke informatie beschikbaar is over de toxiciteit van de betreffende stof, is gebruik gemaakt van 'read-across' waarbij de

toxicologische literatuur van vergelijkbare structuren gebruikt wordt of van het Threshold of Toxicological Concern (TTC) principe.¹¹

Veiligheidsclassificatie voor onderlinge vergelijking

Indien een kwantitatieve veilige waarde voor een stof kan worden bepaald, is deze benoemd. Voor sommige stoffen is het mogelijk dat de toxiciteit in kwalitatieve zin op basis van inhoudelijke expertise en argumenten wordt vastgesteld. Om stoffen onderling met elkaar te vergelijken, wordt een veiligheidsclassificatiesystematiek (tabel 1) voorgesteld, bestaande uit vijf klassen (1=meest veilig, 5=minst veilig). Deze is gebaseerd op de lognormale distributie van NO(A)ELs van Munro (dataset geëxtraheerd van Bassan, Fioravanzo, Pavan, & Stocchero, 2011) die als basis voor de TTC-benadering is gebruikt.

Tabel 1. Veiligheidsclassificatiesystematiek voor beoordeling in raamwerk

Veiligheidsclassificatie	Limietwaarde ¹² -bereik (mg/kg bw/dag)	NO(A)EL-bereik ¹³ (mg/kg bw/dag)	TTC klasse
1	Limietwaarde > 2,5	NO(A)EL > 250	
2	0,30 < limietwaarde ≤ 2,5	30 < NO(A)EL ≤ 250	
3	0,05 < limietwaarde ≤ 0,30	5 < NO(A)EL ≤ 30	
4	0,01 < limietwaarde ≤ 0,05	1 < NO(A)EL ≤ 5	1
5	limietwaarde ≤ 0,01	NO(A)EL ≤ 1	Alle andere

Hier worden de algemene uitgangspunten voor de beoordeling omschreven:

- **Bestaande en afgeleide limietwaarden**

Voor bepaalde stoffen, waaronder voedingsadditieven, is een acceptabele dagelijkse inname (ADI) afgeleid door autoriteiten. Een ADI waarde geeft aan wat de geschatte maximale levenslange, dagelijkse inname van een stof mag zijn via voedsel of drinkwater, zonder dat hierbij een risico voor de gezondheid wordt veroorzaakt¹⁴. In sommige gevallen is er geen kwantitatieve waarde voor de ADI gegeven ("ADI not specified"; vroeger werd hiernaar verwezen als "ADI not limited"); deze indicatie wordt alleen gegeven aan stoffen met zeer lage toxiciteit¹⁵. Als deze waarde aan een stof is gegeven, wordt in dit rapport een toxiciteit van klasse 1 toegewezen. Indien de ADI of een andere limietwaarde zoals een TDI kwantitatief is weergegeven, dan zal op basis van tabel 1 een ranking worden gegeven. Op basis van de onderliggende toxiciteitsdata van een SML kan ook een aanvaardbare limietwaarde voor blootstelling via voeding worden afgeleid waarna een ranking kan worden gegeven.

¹¹ Het TTC principe is geaccepteerd door autoriteiten zoals de European Food Safety Authority (EFSA) en de US Food and Drug Administration (FDA). TTC wordt toegepast in de risicobeoordeling indien er geen specifieke toxicologische informatie van een stof beschikbaar is. Op basis van de structuurformule van de stof kan met TTC de stof gecategoriseerd worden. Voor de verschillende TTC categorieën zijn limietwaarden afgeleid op basis van een grote database met relevante toxiciteitsdata van een breed scala aan verbindingen. Aan de hand van deze limietwaarde kan een risicobeoordeling worden uitgevoerd.

¹² Deze limietwaarden zijn waarden die veilig geacht worden voor de mens. Dit kan gebaseerd zijn op een ADI, TDI of afgeleid zijn van een SML.

¹³ NO(A)EL is een waarde op basis van een proefdierstudie. Hier wordt doorgaans een veiligheidsfactor van 100 op toegepast om te corrigeren voor verschillen tussen mens en dier en tussen verschillende groepen mensen.

¹⁴ <https://www.efsa.europa.eu/en/taxonomy/term/68361>

¹⁵ <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v08je01.htm>

- **NO(A)EL REACH**
Voor stoffen die geregistreerd zijn onder REACH worden zogenaamde registratiedossiers aangemaakt. In deze dossiers zijn vaak NO(A)EL-waardes uit dierstudies te vinden. Voor dit rapport is alleen gekeken naar lange-termijnstudies met orale blootstelling. Op basis van de NO(A)EL kan de veiligheidsranking worden vastgesteld.
- **Andere bronnen van toxicologische informatie**
Als de informatie zoals hierboven beschreven niet beschikbaar is, zal worden gekeken naar toxicologische studies van deze stof of een vergelijkbare stof (read-across) in andere toxicologische literatuurbronnen door gebruik van de toxicologie zoekmachine in de TNO Food Safety Assessment Tool. Bij voldoende informatie worden dan NOAELs voor langdurige blootstelling afgeleid die worden gebruikt voor classificatie op basis van veiligheid conform bovenstaande tabel.
- **Carcinogene stoffen**
Als een stof carcinogeen via een genotoxisch mechanisme dan wordt automatisch een klasse ranking van 5 toegepast.
- **Niet voldoende informatie**
Voor sommige stoffen is er onvoldoende data beschikbaar om een veilige limietwaarde af te leiden. Indien een structuurformule van de stof beschikbaar is, dan kan het TTC-principe toe worden gepast.
- **Groepen van stoffen**
In sommige gevallen is alleen bekend dat 'fatty acids' gebruikt worden. In dit geval zal de beoordeling op basis van toxicologische expertise en ervaring worden gedaan waarbij de onderbouwing voor classificatie zal worden gegeven.

De veiligheidsclassificatie die wordt gegeven dient om stoffen onderling met elkaar te kunnen vergelijken.

Blootstelling en risicobeoordeling productveiligheid

De effecten van een stof op gezondheid zijn naast de toxiciteit afhankelijk van de hoeveelheid waaraan men wordt blootgesteld. In het geval van verpakkingsmaterialen gaat het hierbij niet om de hoeveelheid van een stof die zich in de verpakking bevindt, maar om de hoeveelheid van de stof die naar een voedingsmiddel kan migreren en vervolgens door mensen geconsumeerd kan worden. De migratie is afhankelijk van het type verpakkingsproduct, het verpakte voedingsmiddel en andere aspecten zoals hoe lang het voedingsmiddel verpakt kan blijven, omgevingstemperatuur en vocht.

Introductie nieuwe stoffen

Indien bij toepassing van een technologie stoffen toegevoegd worden of ontstaan in het productieproces, is geëvalueerd of stoffen in het verpakkingsproduct terecht kunnen komen en dus eventueel kunnen migreren naar een voedingsmiddel. Aangezien in dit verkennende onderzoek slechts voor twee technologieën daadwerkelijk is gemeten of en in welke mate stoffen migreren, is het nodig om in het geval van de andere technologieën hiervoor aannames te doen. De hoeveelheid en kwaliteit van onderliggende informatie bepaald de mate van nauwkeurigheid van deze aannames, wat onzekerheid met zich mee brengt. Deze aannames en onzekerheden zijn per toepassing van het raamwerk op een technologie benoemd.

NB. Voor de twee technologieën waar analytische metingen zijn verricht, wordt de toepasbaarheid van CoMSAS verkend. De CoMSAS methode wordt beschreven in hoofdstuk 2.2.

Reductie van MOSH/MOAH

Voor de beoordeling van effecten op toxiciteit in het product moet vanzelfsprekend naast de introductie van nieuwe stoffen meegewogen worden in hoeverre de huidige blootstelling (en risico's) door de technologie wordt gereduceerd. De toxiciteit van MOSH/MOAH is reeds beschreven in rapport Thoden van Velzen et al., 2018. Dit dient als uitgangspunt in deze rapportage.

Uiteindelijk wordt op basis van de toxiciteit van en blootstelling aan de stoffen die door de technologie (mogelijk) geïntroduceerd worden in het verpakkingsproduct, alsook het effect van de technologie op de aanwezigheid van minerale olie in het verpakkingsproduct, het effect van de technologie op productveiligheid beoordeeld met het 5 categorieënsysteem (+/-).

Ketenveiligheid

Naast het effect van een technologie op productveiligheid, wordt ook beoordeeld wat het effect hiervan is op (chemische) veiligheid van de OPK keten. Indien bijvoorbeeld migratie van minerale olie tegengegaan wordt door fixatie in het verpakkingsmateriaal, is het betreffende product veilig, maar komt het verpakkingsmateriaal met de gefixeerde minerale olie weer terug in de OPK keten.

Duurzaamheid

Om de potentie van een technologie ter reductie van minerale olie in gerecycled OPK te beoordelen is naast productveiligheid ook het effect van de technologie op duurzaamheid meegewogen. Aspecten zoals de invloed van de technologie op de materiaal-behoud van het product, het gebruik van additionele energiebronnen en de introductie van nieuwe afvalstromen zijn vormen hierbij de beoordelingscriteria. Om invulling te kunnen geven aan deze aspecten is zijn de verschillende contactpersonen die met de betreffende technologieën werken/kunnen gaan werken hierop bevestigd. Met name het TRL niveau van de technologie is bepalend in hoeverre hier een goede inschatting voor gegeven kan worden. Daar waar mogelijk zijn literatuurbronnen gebruikt, maar de aspecten maken dat beoordeling met name gebaseerd is op mondelinge communicatie. NB. Duurzaamheid is beoordeeld vanuit de technologie op zich, duurzaamheid van gebruik grondstoffen is in deze beoordeling niet meegenomen.

Materiaalbehoud

Het toepassen van een technologie ter reductie/eliminatie van minerale olie uit de verpakking kan (onbedoeld) neveneffecten hebben. Hierbij kan gedacht worden aan dat ook gewenste stoffen verwijderd worden zoals vulstoffen en vezels. Deze stoffen zijn bepalend voor de mate waarin het verpakkingsproduct opnieuw gebruikt kan worden. De (verwachte) effecten van de gebruikte technologie zijn per technologie geëvalueerd en kwalitatief beoordeeld.

(Energie)bronnen

Het is mogelijk dat er bij een technologie additionele processtappen plaatsvinden waarbij meer (energie)bronnen gebruikt worden zoals warmte of elektriciteit. Daarnaast kan bijvoorbeeld meer watergebruik nodig zijn. Indien mogelijk is inzicht verkregen in het (verwachte) additionele (energie)verbruik op basis waarvan dit aspect is beoordeeld.

Afvalstromen

Mogelijk zorgt de toevoeging van de technologie aan het productieproces aan extra

of andere (chemische) afvalstromen. Met name de productie van meer (chemisch) afval kan van impact zijn op het milieu. Daarom is dit een belangrijke duurzaamheidsparameter.

Haalbaarheid en kosten

Naast productveiligheid en duurzaamheid is profit de derde pijler op basis waarvan de technologie ter reductie/eliminatie van minerale olie in gerecycled OPK wordt beoordeeld. De profit wordt beoordeeld op basis van additionele kosten die gemaakt moeten worden en haalbaarheid om de technologie in de branche te introduceren.

Kosten

Bij de introductie van een technologie in een proces gaan kosten gepaard. Uitgangspunt hierbij is dat de technologie op de locatie waar gerecycled papier/karton geproduceerd wordt, wordt ingebed. Hierbij kan gedacht worden aan investeringen in apparatuur, aanpassing processen, gebouwen of energie. Voor elke technologie is getracht om de grootte van deze kosten te verkrijgen dan wel in te schatten. De exacte investeringskosten konden niet worden verkregen. De informatie is daarom verzameld door bij de stakeholders een orde-grootte van kosten op te vragen waaraan een beoordeling is gekoppeld. Hierbij dient opgemerkt te worden dat nieuwe technologie/methoden altijd kosten met zich mee zullen brengen en in die zin negatief zullen scoren. Aangezien het raamwerk alleen gebruikt wordt om de potentie van technologieën onderling met elkaar te vergelijken, wordt dit gerechtvaardigd. In de beoordeling wordt uitgegaan dat in scenario A de kosten beperkt zijn en relatief makkelijk terugverdiend worden. Om deze reden wordt hier een 0 beoordeling aan toegekend.:

A: 10 000 - 100 000 Euro	0
B: 100 000 – 1 000 000 Euro	-
C: > 1 000 000 Euro	--

Verder dient opgemerkt te worden dat voor technologieën die nog in ontwikkeling zijn/ontwikkeld moeten worden, kosten gemaakt moeten worden voor onderzoek en ontwikkeling tot TRL 8-9. De kosten hiervoor zijn niet meegewogen onder 'kosten' aangezien TRL ook als aspect meegewogen wordt en hiermee voorkomen wordt dat dit aspect dubbel zwaar gewogen wordt.

Haalbaarheid

De parameter haalbaarheid is opgesplitst in diverse sub categorieën.

Efficiëntie productie

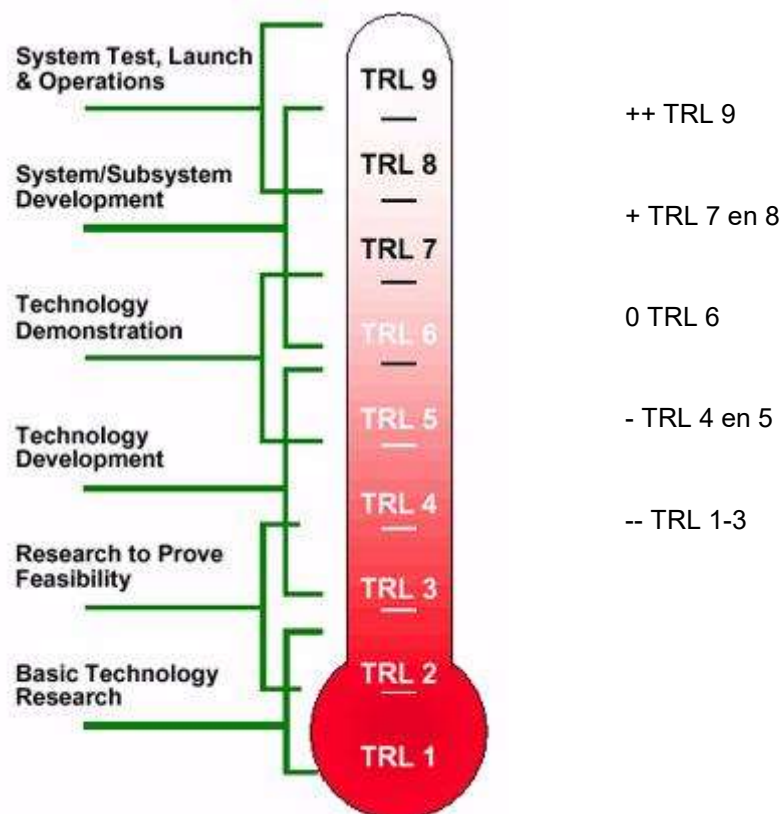
De introductie van de technologie in het productieproces is mogelijk van invloed op de efficiëntie van productie. Hierbij kan gedacht worden aan een verminderde productiesnelheid, gereduceerd dagproductie, meer restmateriaal etc. Op basis van (mondelijke) informatie met betrokken stakeholders is dit aspect per technologie beoordeeld.

Implementeerbaarheid

Onder implementeerbaarheid wordt onder meer gekeken naar de mogelijkheid/moeilijkheid om de besproken technologie te implementeren in het productieproces. Wellicht is het bijvoorbeeld nodig om te investeren in kennis op de werkvloer. Daarnaast wordt ook gekeken of er andere zaken spelen zijn die de implementeerbaarheid van de technologie kunnen beïnvloeden.

TRL niveau

Technology Readiness Levels (TRL) geven aan in welke fase de ontwikkeling van de technologie zich voor deze toepassing bevindt. Officieel zijn er negen TRL niveaus gedefinieerd. Het TRL niveau is indicatief voor de nog benodigde investeringen in onderzoek en ontwikkeling en de termijn waarop de technologie praktisch geïmplementeerd kan worden. In onderstaande figuur staat de beoordeling per TRL niveau weergegeven.



Kwaliteit eindproduct

In dit aspect wordt de kwaliteit van het gerecyclede papier met behulp van de beschreven technologie ten opzichte van papier dat op de huidige manier wordt gerecycled beoordeeld. Kortom het effect van de technologie op de kwaliteit van het papier. Deze parameter kijkt niet alleen naar het verlies van vezels (zie 2.1) maar ook naar andere kwaliteitsaspecten van het product zoals kleur. Op basis van (mondelinge) informatie met betrokken stakeholders is dit aspect per technologie beoordeeld.

4 Evaluatie van de technologieën

In hoofdstuk 2 zijn diverse mogelijkheden ter reductie van minerale oliën in de OPK-stroom beschreven. Deze technologieën zullen nu kwalitatief beoordeeld worden met behulp van het raamwerk (hoofdstuk 3). In dit raamwerk worden verschillende technologieën beoordeeld in relatie tot effecten op productveiligheid, duurzaamheid, en haalbaarheid en kosten. Het raamwerk is doorlopen voor technologieën die effectief zijn voor de beoogde toepassing (verwijderen minerale olie in OPK industrie) dan wel technologieën die deze potentie hebben. De beoordeling richt zich op de effecten van de toegepaste technologie op het verpakkingsproduct en niet op de veiligheid en kwaliteit van het verpakkingsproduct op zich. De gehele raamwerkevaluatie is per technologie als bijlage aan dit document toegevoegd. In dit hoofdstuk wordt het samenvattende resultaat in een tabel evenals de conclusies gepresenteerd. Het wordt aanbevolen om de onderliggende bijlages door te nemen in verband met onderbouwing en nuancering van de scores.

4.1 MB12 technologie

De MB12 technologie is gepatenteerd door Smurfit Kappa. De informatie die door Smurfit Kappa is gegeven dient daarom als uitgangspunt¹⁶. Waar mogelijk is deze informatie aangevuld met informatie uit de literatuur. Daarnaast zijn er minerale olie- en CoMSAS analyses uitgevoerd met door Smurfit Kappa aangeleverd vouwkarton: een monster met MB12 behandeld en een monster zonder.

Samenvatting resultaten evaluatie

De gehele evaluatie is toegevoegd in bijlage A (en B). Het biedt de onderliggende informatie/ verantwoording per item die geleid heeft tot de score/toelichting.

Tabel 2: Samenvatting evaluatie MB12

Item	Score	Toelichting
Voedselveiligheid		
Toxiciteit	1	Geen limietwaarde kunnen afleiden. Toxiciteit actief kool lijkt zeer laag op basis van gebruikshistorie

¹⁶ Informatie is verkregen bij Wil Tieltjes werkzaam als Manager Optimaliseren Verpakkingen bij Smurfit Kappa

Item	Score	Toelichting
Productveiligheid	+	Op basis van de huidige kennis: de analyses laten zien dat bij karton dat behandeld is met MB12 er beduidend minder minerale olie migreert naar voeding (reductie 78%). MB12 draagt daarom bij aan de reductie van minerale olie in het bewuste verpakte voedingsmiddel. Er worden nieuwe verbindingen aangetroffen in de geanalyseerde monsters. De stoffen (merendeel) die geïdentificeerd konden worden leveren echter geen substantieel (additioneel) gezondheidsrisico op.
Ketenveiligheid	-	Minerale olie wordt aan MB12 gebonden. Volgens informatie Smurfit Kappa zal 70% van het MB12 (gebonden minerale olie) weggewassen worden tijdens het recyclingproces. 30% blijft hierbij naar verwachting achter in het product. Opgemerkt dient te worden dat Smurfit Kappa werkt aan een oplossing voor verwijdering resterende deel uit OPK stroom waarbij gedacht wordt aan ontassing
Duurzaamheid		
Materiaalbehoud	0	MB12 heeft geen invloed op verlies vezels en vulstoffen op basis waarvan verondersteld wordt dat MB12 behandeld OPK net zo goed/vaak gerecycled kan worden als onbehandeld OPK
(Energie)bronnen	0	Geen extra processtap nodig. Volgens SmurfitKappa beperkte extra energie nodig voor doseren, maar dit wordt gecompenseerd door snellere droogtijd van MB12 behandeld papier/karton
Afvalstromen	0	geen andere/nieuwe afvalstroom
Haalbaarheid/kosten		
Kosten	x	niet mogelijk, Smurfit Kappa wil uit concurrentieoverwegingen de kosten niet communiceren
Efficiëntie productie	-/0	Huidige situatie is - gezien dat door beperkte markt vraag de baanbenutting niet optimaal is. Bij grote markt vraag speelt dit niet en zal het een 0 scoren
Implementeerbaarheid	-	MB12 technologie is gepatenteerd en kan momenteel niet breed worden toegepast

Item	Score	Toelichting
TRL niveau	++	Wordt al jaren toegepast
Kwaliteit eindproduct	+	Papierkwaliteit is onderzocht door Eurofins na toepassing van MB12 technologie: geen merkbare verschillen in geur en smaak voor verpakte producten

Conclusie

Op basis van de migratieanalyses kan gesteld worden dat MB12 effectief is in de reductie van migratie van minerale olie vanuit verpakking. De analyseresultaten laten ook zien dat door toepassing van MB12 veel pieken verdwijnen. Echter aangezien dit niet tot het doel van het onderzoek behoort, zijn de stoffen die verdwijnen niet nader geïdentificeerd. Op basis van de resultaten kan ook geconcludeerd worden dat er andere stoffen migreren vanuit het verpakkingsmateriaal. De stoffen (merendeel) die geïdentificeerd konden worden leveren echter geen substantieel (additioneel) gezondheidsrisico op. Ondanks dat MB12 een positief effect heeft op reductie van migratie van minerale olie in het product en via het recyclingproces 70% van de MB12 door middel van wassen verwijderd wordt, blijft een deel van de minerale olie (gebonden aan MB12) achter in het verpakkingsmateriaal en dus in de keten. Dit heeft in principe een nadelig effect op ketenveiligheid. Smurfit Kappa heeft aangegeven hier een oplossing voor te onderzoeken (ontassing). Alles in beschouwing nemend wordt op basis van de huidige stand van kennis geconcludeerd dat MB12 een licht positief effect heeft op voedselveiligheid.

Het gebruik van MB12 scoort neutraal op alle duurzaamheidsaspecten wat betekent dat het geen ander effect heeft op duurzaamheidsaspecten wanneer vergeleken wordt met de huidige situatie. Aangezien Smurfit Kappa vanuit concurrentieoverwegingen geen informatie wil verstrekken over de kosten, kan dit aspect niet beoordeeld worden. Voor de algehele beoordeling wordt derhalve uitgegaan van een 'worst case' dus een – score op dit aspect. Betreffende haalbaarheid scoort MB12 op twee aspecten positief (TRL, kwaliteit product), en (licht) negatief op efficiëntie productie en implementeerbaarheid. Wanneer MB12 op grotere schaal toegepast wordt, wordt verwacht dat efficiëntie van productie vergelijkbaar zal zijn met de huidige situatie. De negatieve score op implementeerbaarheid is het gevolg van het feit dat MB12 een gepatenteerde technologie is wat maakt dat deze momenteel alleen door Smurfit Kappa kan worden toegepast.

4.2 Flotatie

Flotatie kan op veel manieren worden toegepast. Door middel van een literatuurinventarisatie is zoveel mogelijk kennis vergaard over de middelen en procescondities die worden toegepast teneinde het raamwerk in te invullen. Aanvullend heeft TNO met een papier- en kartonproducent en VNP gesproken om informatie en inzichten te krijgen. Daarnaast zijn er minerale olie- en CoMSAS analyses uitgevoerd met monsters die door deze papier en kartonproducent zijn aangeleverd. Opgemerkt dient te worden dat dit onderzoek alleen gericht is op potentie van flotatie in het minerale olie vraagstuk en niet als veiligheidsbeoordeling van het behandelde product voor voedselverpakkingsdoeleinden. De reden hiervoor is dat het papier dat met flotatie gemaakt wordt, niet bedoeld is voor voedselverpakkingsdoeleinden.

Samenvatting resultaten evaluatie

De gehele evaluatie is toegevoegd in bijlage C (en D-F). Het biedt de onderliggende informatie/ verantwoording per item die geleid heeft tot de score/toelichting.

Tabel 3: Samenvatting evaluatie flotatie

Item	Score	Toelichting
Voedselveiligheid		
Toxiciteit	1,2 en 5	Meerdere stoffen waarvan op 1 na (5) den andere stoffen een 1 of 2 ranking gekregen hebben. Zie tabel 4 in de bijlage
Productveiligheid	+	Op basis van de huidige kennis: de analyses laten zien dat in papier dat geproduceerd is met een dubbel flotatieproces beduidend minder minerale olie aanwezig is in het eindproduct (reductie circa 90% (dubbel) of circa 75% (enkel)) dan in de beginfase van het proces. Er van uitgaande dat deze resultaten representatief zijn voor verpakkingsmateriaal, draagt flotatie daarom bij aan de reductie van minerale olie in het bewuste voedselverpakkingsmateriaal en daarmee aan de vermindering van de migratie van MOSH/MOAH naar het daarin verpakte voedingsmiddel. Er zijn nieuwe verbindingen aangetroffen in de geanalyseerde monsters. Voor de stoffen die geïdentificeerd konden worden (het merendeel) kan geconcludeerd worden er geen gezondheidsrisico's te verwachten zijn bij de gemeten hoeveelheden.

Item	Score	Toelichting
Ketenveiligheid	+	Op basis van de analyseresultaten van de pulpmonsters is aangetoond dat met flotatie minerale olie uit het papier verwijderd wordt. Daarnaast worden met flotatie beperkt/geen nieuwe stoffen in het materiaal en dus de keten geïntroduceerd. Over het geheel bezien heeft flotatie daarom een positief effect op de ketenveiligheid. Er worden nieuwe/verhoogde stoffen in het product geïntroduceerd. Ondanks dat deze laag toxisch lijken op basis van de metingen, is er een onzekerheid of er niet ook andere stoffen geïntroduceerd worden dan wel wat de toxiciteit is van de niet te identificeren verbindingen. Om deze redenen is een score van + gegeven (in plaats van ++).
Duurzaamheid		
Materiaalbehoud	--	Er is een aanzienlijk verlies van vezels (schatting 5-10% per flotatieronde) en vulstoffen wat van invloed is op hoe vaak het papier/karton gerecycled kan worden
(Energie)bronnen	-	Naast een grote hoeveelheid water en chemicaliën is veel machinerie nodig. Dit gaat naar verwachting gepaard met een groot energieverbruik met name voor werking van pompen en verkrijgen van juiste temperatuurcondities. Hergebruik van energie is een mogelijkheid evenals reductie van energiegebruik
Afvalstromen	--	Bij flotatie ontstaat een afvalstroom die op een speciale manier afgevoerd dient te worden in verband met de schadelijkheid van de stoffen
Haalbaarheid/kosten		
Kosten	--	Scenario C uitgaande van kosten investering en operationeel proces. Er zijn echter meerdere scenario's mogelijk, maar deze zijn in de huidige verkenning niet nader onderzocht
Efficiëntie productie	0	Wordt reeds toegepast in papier en kartonindustrie dus aanname dat processtap niet ongunstig is voor efficiëntie productie. NB. Materiaalverlies (vezels, vulstoffen) is al beoordeeld onder materiaalbehoud

Item	Score	Toelichting
Implementeerbaarheid	-/0	Een - in geval flotatieproces nog niet in de faciliteit wordt toegepast en een 0 indien dit wel het geval is
TRL niveau	+ +	Wordt al jaren toegepast
Kwaliteit eindproduct	+	Wordt normaliter toegepast om te ontinkten wat leidt tot een hoogwaardiger (witter) product.

Conclusie

Ondanks dat flotatie niet ontwikkeld is ter reductie van minerale oliën in verpakkingsmateriaal, blijkt het effectief in de reductie/eliminatie van minerale olie. Het feit dat flotatie gericht is op ontinkten en dat inkten een bron vormen van minerale olie in verpakkingen ondersteunt dit gegeven. In dit verkennende onderzoek zijn analyses uitgevoerd op papiermonsters verkregen vanuit een dubbele flotatieproces gericht op ontinkting van grafisch papier. Op basis van de resultaten kan ook geconcludeerd worden dat er andere stoffen kunnen migreren vanuit het verpakkingsmateriaal. Voor de stoffen die geïdentificeerd konden worden (merendeel) kan geconcludeerd worden dat niet verwacht wordt dat deze gezondheidsrisico's op zullen leveren. Aangezien de pulpanalyses daarnaast laten zien dat minerale olie daadwerkelijk uit het papier verwijderd wordt, leidt tot de conclusie dat flotatie ook een positief effect heeft op de ketenveiligheid aangaande dit aspect. Tezamen zorgt dit daarom voor een positief effect op de voedselveiligheid. De analyseresultaten laten ook zien dat door toepassing van flotatie veel pieken verdwijnen. Echter aangezien dit niet tot het doel van het onderzoek behoort, zijn de stoffen die verdwijnen niet nader geïdentificeerd.

Toepassing van flotatie heeft echter ook nadelen met name betreffende het duurzaamheidsaspect. Door flotatie gaat basismateriaal voor papier verloren waardoor het proces minder efficiënt is en het materiaal minder vaak gerecycled kan worden. Daarnaast kost het proces relatief veel extra energie en moet het afval apart afgevoerd worden. Ondanks dat toepassing van flotatie haalbaar is (ook gezien de lange historie van toepassing in de OPK industrie), komt daarbij dat het om een aanzienlijk hoge investering gaat als een flotatieproces nieuw in een voedselverpakkingslijn geïmplementeerd moet worden. Opgemerkt dient te worden dat dubbele flotatie effectiever lijkt in de verwijdering van minerale olie dan enkele flotatie. Vanuit voedselveiligheidsperspectief zou dit wenselijker zijn, maar dit gaat naar verwachting ook gepaard met grotere verliezen en energiekosten.

4.3 Superkritisch CO₂ technologie

Ten aanzien van de sCO₂ technologie kon informatie in de literatuur gevonden worden die bruikbaar is voor het invullen van het raamwerk. Een relevant rapport is gepubliceerd in het Duits. Daar waar relevante aspecten werden gevonden, zijn de passages gebruikt en getoetst met een Duitstalige collega. Daarnaast heeft TNO gesproken met Daniela Trambitas van Feyecon, een bedrijf dat sCO₂ voor veel toepassingen ontwikkelt. Feyecon heeft enkele jaren geleden testen uitgevoerd om vast te stellen of scCO₂ toegepast kan worden om minerale oliën te verwijderen. De literatuurinformatie is aangevuld met informatie uit dit gesprek om het raamwerk zo volledig mogelijk in te vullen. Ook is informatie verkregen via VNP/PRN.

Samenvatting resultaten evaluatie

De gehele evaluatie is toegevoegd in bijlage G. Het biedt de onderliggende informatie/ verantwoording per item die geleid heeft tot de score/toelichting.

Tabel 4: Samenvatting evaluatie sCO₂

Item	Score	Toelichting
Voedselveiligheid		
Toxiciteit	nvt	Op basis van huidig beschikbare informatie lijkt het erop dat er geen residuen van sCO ₂ achterblijven in het verpakkingsmateriaal
Productveiligheid	+ +	Geen blootstelling aan sCO ₂ verwacht terwijl het de minerale olie uit de verpakking verwijderd voor >90-99%
Ketenveiligheid	+ +	Geen blootstelling aan sCO ₂ verwacht terwijl het de minerale olie uit de verpakking verwijderd voor >90-99%
Duurzaamheid		
Materiaalbehoud	0	Volgens informatie geen invloed van technologie op recyclebaarheid van vezels.
(Energie)bronnen	-	Voor het opvoeren van druk en temperatuur wordt verwacht dat er relatief veel extra energie nodig is. Energiebesparing kan gerealiseerd worden door hergebruik van energie
Afvalstromen	-/0	sCO ₂ kan in een gesloten systeem worden toegepast, maar bij openen komt 1% van de sCO ₂ inhoud vrij. De autoclaaf wordt elke 30 minuten geopend. Derhalve wordt een - beoordeling gedaan. Indien echter de CO ₂ uit de atmosfeer als bron wordt gehaald, dan is het een 0 score
Haalbaarheid/kosten		
Kosten	- -	Categorie C wat voornamelijk wordt veroorzaakt door hoge investerings- en energiekosten

Item	Score	Toelichting
Efficiëntie productie	-	sCO ₂ kan momenteel nog niet in een continu proces worden toegepast. De theorie is dat dit bewerkstelligd kan worden door meerdere autoclaven te gebruiken. Dit moet echter nog in de praktijk getoetst worden
Implementeerbaarheid	-	medewerkers moeten bijgeschoold worden om deze technologie toe te passen (innovatieve technologie)
TRL niveau	-	TRL niveau 5, gezien toepassen op grotere hoeveelheden en in een continu proces nog gerealiseerd/ontwikkeld moet worden
Kwaliteit eindproduct	0	Geen effect voorzien op product

Conclusie

Ten aanzien van sCO₂ zijn in dit verkennende onderzoek geen analyses uitgevoerd. In de literatuur is informatie gevonden over de effectiviteit van sCO₂ als het gaat om verwijdering van minerale olie uit OPK. Hieruit blijkt dat sCO₂ onder de juiste condities tussen 90-99% effectief is in het verwijderen van minerale olie. Daarnaast kan op basis van de informatie en de werking van sCO₂ aangenomen worden dat er geen residuen van het sCO₂ in de behandelde OPK achterblijft. Dit zal namelijk vervliegen. Naast productveiligheid heeft dit een positief effect op ketenveiligheid.

Wat betreft duurzaamheid scoort sCO₂ neutraal als het gaat om materiaalbehoud, maar het proces kost relatief veel additionele energie. De afvalstroom kan negatief scoren op basis van vrijkomen van CO₂ in de atmosfeer in geval er nieuw gegenereerde CO₂ gebruikt wordt. Indien het gaat om hergebruik van CO₂ uit de atmosfeer, dan scoort het neutraal. Opgemerkt dient te worden dat momenteel onzeker is hoeveel CO₂ precies vrijkomt en in hoeverre het gaat om hergebruik van atmosferische CO₂, en derhalve is het onzeker in welke mate dit relevant geacht dient te worden vanuit klimaatperspectief. Een ander nadeel is dat de kosten voor investering en implementatie van deze technologie aanzienlijk zijn waarbij het op dit moment onvoldoende zeker is of toepassing van deze technologie voor dit doel haalbaar is met name als gekeken wordt naar implementeerbaarheid, TRL niveau en effect op efficiëntie van productie.

4.4 Thermische behandeling

De Technische Universiteit van Darmstadt heeft het vermogen van twee soorten thermisch behandeling onderzocht om minerale oliën te verwijderen van oud papier vóór verpulping en dat vergeleken met het vermogen van flotatie (Ewald & Kersten, 2014; Ewald et al., 2016). Na optimalisatie van de chemicaliënconcentraties en de doseringsvolgorde kon met flotatie tot 80% van de minerale oliën verwijderd worden, terwijl het verlies beperkt bleef tot minder dan 15%. De thermische behandelingen met stoom of hete lucht haalden in sommige gevallen zelfs hogere verwijderingspercentages dan flotatie. Gevoegd bij het feit dat bij thermische behandelingen geen extra chemicaliën worden gebruikt, maakt ze tot een aantrekkelijk alternatief, ook al is het nog slechts of labschaal uitgetoet.

Als additionele bron is het rapport van de Technische Universiteit van Darmstadt over sCO₂ (Runte, S., Kersten, 2016) geraadpleegd. Met uitzondering van de publicaties van de Technische Universiteit van Darmstadt zijn in de openbare literatuur verder geen gegevens over de thermische technologie voor het extraheren van minerale oliën uit papier en/of karton aangetroffen.

Samenvatting resultaten evaluatie

De gehele evaluatie is toegevoegd in bijlage H. Het biedt de onderliggende informatie/ verantwoording per item die geleid heeft tot de score/toelichting.

Tabel 5: Samenvatting evaluatie thermische behandeling

Item	Score	Toelichting
Voedselveiligheid		
Toxiciteit	x	Geen chemische stoffen toegevoegd, maar mogelijk kunnen door proces andere stoffen ontstaan. Hier geen informatie over
Productveiligheid	+	Verwijdering minerale olie is goed (70-95%), onzekerheid over vorming mogelijk nieuwe verbindingen door proces. Echter geen chemische stoffen toegevoegd
Ketenveiligheid	+	Verwijdering minerale olie is goed (70-95%), onzekerheid over vorming mogelijk nieuwe verbindingen door proces. Echter geen chemische stoffen toegevoegd
Duurzaamheid		
Materiaalbehoud	0	Volgens informatie (zie bijlage) worden bij thermische behandeling geen residuen gevormd die bij verwijdering voor een verlies aan vezels zorgen

Item	Score	Toelichting
(Energie)bronnen	--	Op basis van de waarden in de Ewald en Kersten (2014) publicatie (zie bijlage)
Afvalstromen	0	Een thermische behandeling laat geen residuen achter. Aangezien de minerale oliën uitgedampt worden, moet er wel luchtreiniging plaatsvinden. Een 0 score uitgaande van luchtreiniging met een filter waarbij verwacht wordt dat dit om beperkte additionele maatregelen gaat (indien de filter nog niet aanwezig is).
Haalbaarheid/kosten		
Kosten	-/ --	Kosten voor thermische behandeling kunnen op basis van de informatie niet kwantitatief ingeschat worden. Naar verwachting zijn deze lager dan sCO ₂ gezien de hoge investeringskosten voor sCO ₂ . Gezien de mogelijk hoge energiekosten wordt ingeschat dat het een scenario B of C zal zijn.
Efficiëntie productie	-	Op basis van huidige informatie lijkt een extra knipstap in het proces nodig te zijn voor deze behandeling wat naar verwachting gevolgen heeft voor de efficiëntie van productie. Hoe dit op industriële schaal kan worden toegepast is onbekend en derhalve is dit een onzekerheid
Implementeerbaarheid	-	Medewerkers moeten bijgeschoold worden om deze (innovatieve) technologie toe te passen
TRL niveau	--	TRL niveau 1-2
Kwaliteit eindproduct	x	Niet mogelijk op basis van de huidige informatie

Conclusie

Ten aanzien van thermische behandeling zijn in dit verkennende onderzoek geen analyses uitgevoerd. In de literatuur is informatie gevonden over de effectiviteit van thermische behandeling met stoom of hete lucht als het gaat om verwijdering van

minerale olie uit OPK. Hieruit blijkt dat onder de juiste condities 95% van de minerale olie verwijderd kan worden. Daarnaast kan op basis van de informatie over het proces van thermische behandeling aangenomen worden dat er geen zeer zorgwekkende verbindingen in significante mate in het behandelde OPK worden geïntroduceerd. Naast productveiligheid heeft dit een positief effect op ketenveiligheid gezien het feit dat thermische behandeling minerale olie daadwerkelijk uit OPK verwijderd.

Wat betreft duurzaamheid scoort thermische behandeling neutraal als het gaat om materiaalbehoud en afvalstromen, maar het proces lijkt op basis van de beschikbare informatie relatief veel additionele energie te kosten. De kosten voor investering en implementatie van deze technologie liggen in de middelste categorie (-) dan wel de hoogste categorie (--) waarbij het op dit moment onvoldoende zeker is of implementatie van deze technologie voor dit doel haalbaar is, met name als gekeken wordt naar implementeerbaarheid, het zeer lage TRL niveau en mogelijk effect op de efficiëntie van productie, waar negatief op gescoord wordt.

4.5 Anionic trash catchers

Ten aanzien van anionic trash catchers (ATCs) als optie ter reductie van minerale oliën is informatie verkregen bij de TNO expert Ted Slaghek die veel ervaring heeft met dit materiaal en verschillende toepassingen daarvan. Informatie werd ook verkregen via de literatuur in Scopus en NCBI Pubmed databases en eventueel gerichte Google zoekacties. Indien gebruik is gemaakt van literatuurbronnen, dan zijn deze benoemd. Het resterende deel is ingevuld op basis van TNO expertise.

ATCs is een conceptueel idee dat als toepassing ter verwijdering van minerale oliën uit papier nog niet experimenteel onderzocht is. Daarom kunnen bepaalde items niet gescoord worden en zijn er waar nodig geacht aannames gedaan. Wanneer er aannames gedaan zijn is dit als zodanig benoemd. In de discussie worden suggesties gedaan om de potentie van ATCs verder te onderzoeken. Zoals aangegeven in de beschrijving van de technologie is zeïne geselecteerd als natuurlijke ATC en polyacrylaat als synthetische ATC.

Samenvatting resultaten evaluatie

De gehele evaluatie is toegevoegd in bijlage I. Het biedt de onderliggende informatie/ verantwoording per item die geleid heeft tot de score/toelichting.

Tabel 6: Samenvatting evaluatie anionic trash catchers

Item	Score	Toelichting
Voedselveiligheid		
Toxiciteit	1	Zowel zeïne als polyacrylaat zijn beoordeeld als veiligheidsklasse 1 (zie bijlage)

Item	Score	Toelichting
Productveiligheid	0 of hoger	Er is nog niets bekend over de effectiviteit van deze technologie om minerale olie te verwijderen. Echter er worden geen schadelijke stoffen geïntroduceerd
Ketenveiligheid	-	Item is beoordeeld uitgaande van dat ATCs effectief zijn bij het fixeren van minerale olie. Als het veelvuldig wordt toegepast, kan ATC gebonden minerale olie in theorie in de keten toenemen waarbij het onbekend is of dit gebonden zal blijven. Praktijk is echter (nog) onbekend
Duurzaamheid		
Materiaalbehoud	0	Bij de juiste hoeveelheid toevoeging van ATCs wordt er geen verlies van vezels verwacht
(Energie)bronnen	0	Er wordt verwacht dat de additionele energiebronnen bij toepassing van de technologie gering zijn en verwaarloosbaar op het gehele papierproductieproces
Afvalstromen	0	Naar verwachting worden de meeste ATCs gefixeerd in het papier/karton product en komen daarmee niet in de afvalstroom
Haalbaarheid/kosten		
Kosten	-	Categorie B: op basis van inschattingen prijs materiaal, doseerapparatuur en voorraadsilo + kwaliteitscontrole
Efficiëntie productie	x	Technologie te prematuur om dit in te schatten
Implementeerbaarheid	-/0	ATCs worden voor ander doeleinden al toegepast in de papierindustrie en het vraagt geen dieptekennis. Desalniettemin zal kennisinvestering nodig zijn voor toepassing voor dit doel
TRL niveau	--	TRL niveau 0

Item	Score	Toelichting
Kwaliteit eindproduct	x	niet mogelijk in dit stadium van ontwikkeling

Conclusie

Het gebruik van ATCs betreft een conceptuele technologie waardoor verschillende onderdelen niet beoordeeld kunnen worden. Echter op basis van bestaande kennis en expertise kunnen een aantal conclusies worden getrokken. Zo is de toxiciteit van de geëvalueerde ATCs (zeïne en polyacrylaat) laag en wordt verondersteld dat blootstelling gering zal zijn. Op dit moment is de effectiviteit om migratie van minerale olie vanuit de verpakking tegen te gaan onduidelijk waardoor de productveiligheid niet beoordeeld kan worden. Aangezien ATCs (groten)deels via fixatie in verpakking werkt, wordt verwacht dat dit bij veelvuldige toepassing een ongunstig effect op de ketenveiligheid heeft indien het niet verwijderd kan worden uit de OPK stroom dan wel te allen tijde minerale olie bindt in de verpakkingsmatrix.

Ten aanzien van duurzaamheidsaspecten wordt verwacht dat ATCs neutraal scoren in vergelijking met de huidige situatie aangaande materiaalbehoud en afvalstromen uitgaande van de aannames die gedaan zijn. Het effect op energiegebruik kan nu niet voldoende ingeschat worden. Aangezien ATCs al in de papierindustrie gebruikt worden en er beperkte aanpassingen nodig worden geacht in het productieproces, wordt ingeschat dat de kosten in de middelste (B) categorie vallen en dat implementeerbaarheid relatief makkelijk gaat. Het grote vraagteken blijft de effectiviteit van de ATCs en de hoeveelheden/condities die hiervoor nodig zijn. Dit kan namelijk ook effect hebben op efficiëntie van productie en kwaliteit van papier wat zwaarwegende aspecten zijn. Om hier meer duidelijkheid over te krijgen wordt aanbevolen om op laboratoriumschaal een pilotstudie uit te voeren met ATCs (zie discussie).

4.6 Gefunctionaliseerde klei

Ten aanzien van klei als optie ter reductie van minerale oliën is informatie verkregen bij de TNO experts Ted Slaghek en Jacco Eversdijk die veel ervaring hebben met dit materiaal en verschillende toepassingen daarvan. Informatie werd ook verkregen via de literatuur in Scopus en NCBI Pubmed databases en eventueel gerichte Google zoekacties. Indien gebruik is gemaakt van literatuurbronnen, dan zijn deze benoemd. Het resterende deel is ingevuld op basis van TNO expertise.

Gefunctionaliseerde klei is een conceptueel idee dat als toepassing ter fixering van minerale oliën in papier nog niet experimenteel onderzocht is. Daarom kunnen bepaalde items niet gescoord worden en zijn er waar nodig geacht aannames gedaan. Wanneer er aannames gedaan zijn is dit als zodanig benoemd. In de discussie worden suggesties gedaan om de potentie van gefunctionaliseerde klei verder te onderzoeken.

Zoals aangegeven in de beschrijving van de technologie wordt gefunctionaliseerde klei ook wel organoklei genoemd, wat een groepsbenaming betreft.

Samenvatting resultaten evaluatie

De gehele evaluatie is toegevoegd in bijlage J. Het biedt de onderliggende informatie/ verantwoording per item die geleid heeft tot de score/toelichting.

Tabel 7: Samenvatting evaluatie gefunctionaliseerde klei

Item	Score	Toelichting
Voedselveiligheid		
Toxiciteit	1	Voor organoklei is een NOAEL van 1000 mg/kg lichaamsgewicht/dag als uitgangswaarde beoordeeld waardoor dit in veiligheidsklasse 1 terecht komt
Productveiligheid	0 of hoger	Er is nog niets bekend over de effectiviteit van deze technologie om minerale olie te fixeren. Echter er wordt geen migratie van de klei deeltjes of stoffen hierin naar voeding verwacht gezien compositie en zuiverheid
Ketenveiligheid	-	Item is beoordeeld uitgaande van dat klei effectief is bij het fixeren van minerale olie. Als het veelvuldig wordt toegepast, kan klei gebonden minerale olie in theorie in de keten toenemen waarbij het onbekend is of dit gebonden zal blijven. Praktijk is echter (nog) onbekend
Duurzaamheid		
Materiaalbehoud	0	Bij de juiste hoeveelheid toevoeging van klei wordt er geen verlies van vezels verwacht
(Energie)bronnen	0	Er wordt verwacht dat de additionele energiebronnen bij toepassing van de technologie gering zijn en verwaarloosbaar op het gehele papierproductieproces
Afvalstromen	0	Naar verwachting wordt de meeste klei gefixeerd in het papier/karton product en komen daarmee niet in de afvalstroom
Haalbaarheid/kosten		

Item	Score	Toelichting
Kosten	-	Categorie B: op basis van inschattingen prijs materiaal, doseerapparatuur en voorraadsilo + kwaliteitscontrole
Efficiëntie productie	x	Technologie te prematuur om dit in te schatten
Implementeerbaarheid	-/0	Klei wordt voor ander doeleinden al toegepast in de papierindustrie en het vraagt geen dieptekennis. Desalniettemin zal kennisinvestering nodig zijn voor toepassing voor dit doel
TRL niveau	--	TRL niveau 0
Kwaliteit eindproduct	x	niet mogelijk in dit stadium van ontwikkeling

Conclusie

Gefunctionaliseerde klei is een conceptuele technologie waardoor verschillende onderdelen niet beoordeeld kunnen worden. Echter op basis van bestaande kennis en expertise kunnen een aantal dingen geconcludeerd worden. Zo is de toxiciteit van organoklei (andere naam voor gefunctionaliseerde klei) laag en wordt verondersteld dat blootstelling laag zal zijn. Op dit moment is de effectiviteit om migratie van minerale olie vanuit de verpakking tegen te gaan onduidelijk waardoor de productveiligheid niet beoordeeld kan worden. Aangezien gefunctionaliseerde klei via fixatie in de verpakking werkt, wordt verwacht dat dit bij veelvuldige toepassing een ongunstig effect op de ketenveiligheid heeft indien het niet verwijderd kan worden uit de OPK stroom dan wel te allen tijde minerale olie bindt in de verpakkingsmatrix.

Ten aanzien van duurzaamheidsaspecten wordt verwacht dat gefunctionaliseerde klei neutraal scoort in vergelijking met de huidige situatie aangaande materiaalbehoud en afvalstromen. Het effect op energiegebruik kan nu niet voldoende ingeschat worden. Aangezien klei al in de papierindustrie gebruikt wordt en er beperkte aanpassingen nodig worden geacht in het productieproces, wordt ingeschat dat de kosten in de middelste (B) categorie vallen en dat implementeerbaarheid relatief makkelijk gaat. Het grote vraagteken blijft de effectiviteit van de klei en de hoeveelheden/condities die hiervoor nodig zijn. Dit kan namelijk ook effect hebben op efficiëntie van productie en kwaliteit van papier wat zwaarwegende aspecten zijn. Om hier meer duidelijkheid over te krijgen wordt aanbevolen om op laboratoriumschaal een pilotstudie uit te voeren met gefunctionaliseerde klei (zie discussie).

4.7 Integrale evaluatie potentie technologieën ter reductie minerale oliën

In dit verkennende onderzoek zijn verschillende technologieën geselecteerd en geëvalueerd waarvan bewezen, onderzocht of verondersteld wordt dat deze effectief zijn in de reductie van minerale olie-blootstelling via gerecycled papier en karton (opdracht 1). Met name het TRL niveau van de technologie was maatgevend voor in hoeverre de evaluatie aan de hand van het raamwerk concreet kon worden uitgevoerd. In de evaluatie is het effect van de technologie vergeleken met de nulsituatie: een OPK-stroom die minerale olie bevat waar geen maatregelen voor getroffen worden.

Voedselveiligheid

Op basis van de experimentele uitkomsten en de literatuur kan worden geconcludeerd dat flotatie, MB12, sCO₂ en thermische behandeling effectief zijn in de reductie van MOSH- en MOAH-migratie vanuit de verpakking naar voeding. Daarbij bevestigt deze informatie dat MOSH- en MOAH-migratie vanuit (gerecycled) verpakkingsmateriaal naar voeding optreedt. De mate van effectiviteit verschilt, waarbij sCO₂ het meest effectief lijkt (90-99%), daarna flotatie en MB12 en thermische behandeling (circa 70-80%). De experimentele resultaten zijn gebaseerd op een beperkt aantal monsters, maar zijn in lijn met de informatie uit de literatuur. Aangezien de potentie van ATCs en gefunctionaliseerde klei nog niet onderzocht is, kunnen vooralsnog geen uitspraken worden gedaan over de effectiviteit van deze technologieën.

Voor alle stoffen die gebruikt worden in de technologieën is een veiligheidsrangorde toegekend op basis van de systematiek zoals omschreven in hoofdstuk 3. Hieruit is gebleken dat de (beoogde) stoffen veelal tot veiligheidsklasse 1 toebehoren (actief kool (MB12), organoklei (gefunctionaliseerde klei), zeïne en polyacrylaat (ATCs)) dan wel niet leiden tot aanwezigheid van stoffen in de verpakking (sCO₂ en thermische behandeling). Bij flotatie kunnen veel verschillende stoffen in verschillende mate gebruikt worden. Voor de meeste van deze stoffen is de veiligheidsklasse 1 of 2, maar voor een aantal 3 of 5. Daarnaast wordt in sommige gevallen een stof als ongewenst voor het milieu beschouwd terwijl deze niet erg toxisch is voor de mens. Voor deze stoffen lijken echter alternatieve, minder toxische stoffen beschikbaar te zijn, zoals natriumsulfiet in plaats van EDTA.

Uiteindelijk bepaalt niet alleen de toxiciteit (veiligheidsklasse) de productveiligheid, maar ook de blootstelling. Op basis van de beschikbare kennis over sCO₂, thermische behandeling, ATCs en gefunctionaliseerde klei worden bij het in beschouwing nemen van deze beide aspecten geen risico's voor de productveiligheid voorzien. Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit niet experimenteel onderzocht is. Bij thermische behandeling wordt het mogelijk geacht dat er als gevolg van de behandeling nieuwe verbindingen ontstaan. Het wordt echter niet verwacht dat dit zeer zorgwekkende verbindingen zullen zijn die in significante mate migreren. Voor de aanwezigheid van de geïdentificeerde stoffen bij MB12 en flotatie worden ook geen gezondheidskundige risico's voorzien. Deze beoordeling is gedaan aan de hand van (een deel van) de CoMSAS risicobeoordelingssystematiek waarbij ter verificatie de nieuwe/verhoogde pieken zijn geïdentificeerd en op traditionele wijze zijn beoordeeld. Voor meer informatie zie hoofdstuk 6.

Naast productveiligheid werd het van belang geacht om het effect van de technologie op de ketenveiligheid te beoordelen. De geselecteerde methoden werken dan wel door daadwerkelijk verwijderen van minerale olie uit het verpakkingsmateriaal (flotatie, sCO₂, thermische behandeling) of door fixatie (binding) van minerale olie in het verpakkingsmateriaal (MB12, gefunctionaliseerde

klei en ATCs). In het geval van fixatie van de minerale olie blijft de minerale olie (gebonden of niet) geheel of gedeeltelijk in de OPK-stroom circuleren wat in een vervolgtoeppassing om hernieuwde maatregelen vraagt aangezien het momenteel onduidelijk is of het te allen tijde gebonden zal blijven. Mogelijk kan het zelfs leiden tot toename van gebonden minerale olie in de OPK-stroom omdat het ook minerale olie uit andere bronnen kan binden. Om deze redenen hebben MB12 (blijft naar verwachting 30% achter), gefunctionaliseerde klei en ATCs voor nu slechter gescoord op ketenveiligheid dan de andere opties. In geval het blijkt dat minerale olie te allen tijde gebonden blijft aan MB12, klei of ATC's dan kan dit aspect minstens als neutraal beoordeeld worden aangezien migratie naar voeding hiermee permanent voorkomen wordt. Hiervoor dient echter meer studie/monitoring uitgevoerd te worden.

In het geheel beschouwd presteren alle geselecteerde methoden waarvan kwantitatieve informatie beschikbaar is redelijk tot goed op veiligheid. Hierin scoren sCO₂, thermische behandeling en flotatie op basis van de huidige stand van kennis relatief wat beter betreffende effect op voedselveiligheid waarbij sCO₂ op basis van de huidige beschikbare informatie het meest effectief lijkt in de reductie van minerale olie.

Duurzaamheid

Naast voedselveiligheid is duurzaamheid een belangrijk aspect aangezien optimaal hergebruik van materialen (zoals OPK) in toenemende mate van belang is voor een leefbare planeet. De technologieën zijn beoordeeld op basis van de aspecten materiaalbehoud, additionele energiebronnen en afvalstromen.

Betreffende het aspect materiaalbehoud wordt verwacht dat voor alle technologieën behalve flotatie er geen effecten zullen zijn op vezels en vulstoffen en dat derhalve materiaal behouden wordt zodat de behandeling geen invloed heeft op de mate van recyclebaarheid. Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit aspect veelal door middel van redentie (van derden) is beoordeeld en niet gestaafd is met experimenteel onderzoek. Van flotatie is het bekend dat het leidt tot verlies van vezels en vulstoffen. Dit percentage wordt geschat op 5-10%, en dit kan aanzienlijke effecten hebben op de mate van recyclebaarheid van het OPK.

Het additionele energieverbruik wordt als substantieel ingeschat voor flotatie, sCO₂ en thermische behandeling. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de energiewarmte die ontstaat tijdens deze processen in veel gevallen (deels) wordt opgeslagen en gebruikt voor andere doeleinden (in het proces). Dit vereffend echter naar verwachting niet de gehele additionele energiebehoefte voor de technologie. Daarnaast kan de mate waarin energie hergebruikt wordt verschillen per technologie en per bedrijf. Op basis van de verstrekte informatie lijkt MB12 energieneutraal ten opzichte van de huidige situatie. Ondanks dat de benodigde additionele energie bij het gebruik van ATCs en gefunctionaliseerde klei op dit moment niet ingeschat kan worden, wordt verwacht dat deze lager is dan de benodigde energie voor flotatie, sCO₂ en thermische behandeling. Ten opzichte van flotatie en sCO₂ lijkt er voor thermische behandeling op basis van de gevonden informatie meer energie nodig te zijn.

Voor de methoden waarbij minerale olie gefixeerd wordt in het verpakkingsmateriaal zijn geen additionele afvalstromen (MB12) dan wel worden deze niet verwacht (ATCs en klei). Voor sCO₂ en flotatie is het bekend dat veel van de gebruikte stoffen, water en sCO₂, terug (kunnen) worden gewonnen en worden hergebruikt. sCO₂ kan in principe onbeperkt hergebruikt worden, maar bij het openen van de autoclaaf (ieder half uur) gaat er circa 1% van de CO₂ verloren, waardoor over een periode van 24 uur ongeveer 50% van de gebruikte sCO₂ verloren gaat. Vanuit klimaatperspectief is het van belang of CO₂ vanuit de atmosfeer als bron gebruikt wordt (waarmee het tijdelijk gevangen is) of dat dit voor

dit doel nieuw gegenereerd wordt. In het eerste geval levert het vrijkomen van de CO₂ tijdens het proces geen directe bijdrage aan het verhogen van de broeistofgassen, omdat het CO₂ betreft die eerder aan de atmosfeer was onttrokken, in het laatste geval wel. Volgens opgave kan de gewonnen minerale olie ook hergebruikt worden. Als gevolg van thermische behandeling zal er luchtreiniging plaats moeten vinden. Ondanks dat bij flotatie de gebruikte stoffen en water opnieuw gebruikt kunnen worden voor flotatie, wordt als gevolg van flotatie een afvalstroom gegenereerd die op een speciale manier afgevoerd moet worden (vaak verbranding) in verband met schadelijkheid van de stoffen in de stroom.

Waar sCO₂ goed beoordeeld wordt op voedselveiligheid, scoort het middelmatig op duurzaamheid met name als gevolg van energieverbruik. Hetzelfde geldt voor thermische behandeling waarvan het energieverbruik relatief het hoogst is (op basis van de gevonden informatie). Flotatie scoort het slechtst op duurzaamheid zowel op materiaalbehoud, energieverbruik als afvalstromen. MB12 scoort het best (neutraal ten opzichte van de nulsituatie) op het duurzaamheidsaspect. Voor ATCs en gefunctionaliseerde klei is dit naar verwachting hetzelfde, maar is dit nog niet goed te beoordelen gezien het lage TRL niveau.

Kosten en haalbaarheid

Naast duurzaamheid en veiligheid zijn kosten en haalbaarheid cruciaal in de besluitvorming of een technologie een realistische optie is in dit gezondheidsvraagstuk. De kosten betreffen investeringskosten alsook effect op operationele kosten. Bij toepassing van een nieuwe technologie is het in de meeste gevallen inherent dat er kosten aan verbonden zijn waardoor op dit aspect (bijna) niet positief gescoord zal worden. Voor geen van de geselecteerde opties bleek het mogelijk om inzicht te krijgen in de exacte kosten. Daarnaast moest voor opties met een relatief laag TRL niveau een kosteninschatting gemaakt worden gezien deze nog niet daadwerkelijk voor dit doel worden toegepast. Mede aangezien dit een verkennend onderzoek betreft, zijn daarom de kosten in ordegrootte geclassificeerd waarna aan de verschillende technologieën een beoordeling is toegekend op basis van de beschikbare informatie dan wel op basis van veronderstellingen. Hieruit blijkt dat de kosten voor sCO₂ en flotatie in de hoogste categorie zitten en dus het meest negatief scoren. Aangezien voor MB12 geen informatie over de kosten kon worden verstrekt, wordt hierbij als een worst case uitgegaan van de hoogste categorie. De kosten voor ATCs en gefunctionaliseerde klei zitten naar verwachting in de middelste categorie. De ordegrootte van de kosten voor thermische behandeling zijn moeilijk in te schatten en vallen naar verwachting dan wel in de middelste categorie dan wel in de hoogste categorie.

Het handhaven van een efficiënte productie is ook een belangrijk aspect. Aangezien flotatie al in het productieproces van papier en karton wordt toegepast, wordt verwacht dat dit geen substantiële invloed heeft op de efficiëntie als dit ook voor verwijdering minerale olie geïntroduceerd wordt. Voor MB12, ATCs en gefunctionaliseerde klei is bij een beperkte marktvaart de invloed op de efficiëntie (licht) negatief, maar indien het volop wordt toegepast in het productieproces wordt ook hier geen invloed verwacht op de efficiëntie. sCO₂ kan op dit moment nog niet in een continuproces worden toegepast. In theorie is dit mogelijk door minstens een extra autoclaaf aan het proces toe te voegen, maar dit is tot op heden nog niet praktische getoetst. Om deze reden wordt verwacht dat sCO₂ een negatieve invloed heeft op de efficiëntie van productie. Mogelijk kan dit met toekomstige ontwikkelingen voorkomen worden. Bij thermische behandeling is er (op labschaal) een knipstap nodig die in de praktijk mogelijk leidt tot minder efficiëntie.

De toepassing van flotatie, ATCs en gefunctionaliseerde klei wordt verondersteld relatief makkelijk implementeerbaar te zijn aangezien deze processen reeds in de OPK-stroom worden toegepast. Echter aangezien het enige specialistische kennis zal vereisen, scoren ze één min in een situatie dat ze nieuw geïntroduceerd moeten

worden. In fabrieken waar bijvoorbeeld reeds flotatie wordt toegepast, wordt hier een nul gescoord. Dezelfde overwegingen zijn van toepassing op MB12. Een bijkomend aspect voor MB12 is alleen dat het een gepatenteerde technologie betreft die alleen door één bedrijf kan worden toegepast. Om deze reden scoort MB12 op implementeerbaarheid negatief. sCO₂ en thermische behandeling betreffen innovatieve methoden die nog niet bekend zijn in de OPK-industrie. Om deze reden wordt verwacht dat additionele kennis nodig is om dit toe te passen wat een negatieve score betekent op implementeerbaarheid.

Het TRL niveau van de geselecteerde technologieën verschilt aanzienlijk. MB12 en flotatie worden reeds toegepast (++), terwijl sCO₂ en thermische behandeling in ontwikkeling zijn voor dit doel (- en --, respectievelijk) en ATCs en gefunctionaliseerde klei slechts ideeën in concept zijn (- -). Ten aanzien van ATCs en gefunctionaliseerde klei dient echter opgemerkt te worden dat verwacht wordt dat de ontwikkelingstijd benodigd voor deze technologie relatief kort kan zijn doordat deze componenten al voor andere doeleinden in de OPK-stroom worden toegepast en daarom makkelijk in het proces in te passen lijken.

Uiteindelijk moet de kwaliteit van de verpakking goed zijn. Op basis van Robinsontesten met MB12 is gebleken dat de toepassing van MB12 geen effect had op de kwaliteit van de verpakking aangaande geur, en daarnaast kan volgens Smurfit Kappa MB12 behandeld papier goed gerecycled worden. Flotatie is gericht op het creëren van een witter, hoogwaardiger product. In die zin heeft het een positieve invloed op de kwaliteit van het product. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het effect van flotatie op verlies vezels en vulstoffen onder duurzaamheid is meegewogen bij materiaalbehoud. Voor sCO₂ wordt verwacht dat het effect neutraal zal zijn op de kwaliteit van het product terwijl dit voor ATCs, thermische behandeling en gefunctionaliseerde klei nog onbekend is gezien hun huidige TRL-niveau. Het effect op kwaliteit van het product is ook afhankelijk van de condities (zoals benodigde hoeveelheid) waaronder de technologie effectief blijkt te zijn in reductie van minerale olie.

Alles in beschouwing nemend, wordt voor de verschillende technologieën verschillend gescoord op de afzonderlijke aspecten waardoor er niet één uitgesproken positief of negatief uit komt. MB12 en flotatie scoren op basis van de huidige kennis relatief beter dan de andere opties op de aspecten kosten/haalbaarheid. Echter, aangezien ATCs en gefunctionaliseerde klei nog niet beoordeeld kunnen worden op het kwaliteitsaspect, kunnen deze in potentie net zo goed blijken.

Integrale beoordeling

In een optimale situatie heeft de technologie een maximaal positief effect op voedselveiligheid zonder nadelige effecten op duurzaamheid waarbij het haalbaar is (ook kostentechnisch) om de technologie te implementeren. Tabel 1 hieronder geeft een overzicht van de evaluatie van al de onderzochte reducerende of fixerende technologieën. Op basis van deze verkennende studie kan geconcludeerd worden dat er op dit moment niet één technologie ter reductie of eliminatie van minerale olie in de OPK-stroom voorhanden blijkt te zijn die optimaal is. Vanuit voedselveiligheidsperspectief lijkt op basis van dit onderzoek sCO₂ het meest wenselijk, maar die scoort met name ten aanzien van investeringskosten en additioneel energieverbruik ongunstig. Daarnaast zijn flotatie, thermische behandeling en MB12 vanuit voedselveiligheidsperspectief ook relatief gunstig, maar in mindere mate. Voor flotatie geldt echter dat ze vanuit duurzaamheids- en kostenperspectief geen wenselijke optie is. Voor thermische behandeling, ATCs en gefunctionaliseerde klei zijn er op dit moment nog te veel onzekerheden om conclusies te trekken over relatieve potentie. Aanvullend onderzoek (zie discussie) kan bijdragen aan het oplossen van die onzekerheden. MB12 lijkt ondanks het effect op ketenveiligheid en het ontbreken van informatie over kosten (waarbij voor

Tabel 1 Overzicht evaluatie technologieën die minerale olie in de OPK-keten reduceren of fixeren

Aspect	Deelaspect	MB12	Flot.	sCO ₂	Therm. Beh.	ATC/ Funct. klei
Voedsel- veiligheid	Productveiligheid	+	+	++	+	0/+?
	Ketenveiligheid	-	+	++	+	-
Duur- zaamheid	Materiaalbehoud	0	--	0	0	0
	(Energie)bronnen	0	-	-	--	0
	Afvalstromen	0	--	-/0	0	0
Haal- baarheid en kosten	Kosten	?	--	--	-/--	-
	Efficiëntie productie	- → 0	0	-	-	?
	Implementeerbaar- heid	-	-	-	-	-/0
	TRL niveau	++	++	-	--	--
	Productkwaliteit	+	+	0	?	?

→= gaat naar; ? = onvoldoende of onzekere data; Flot. = flotatie; Funct. = functionele; Therm. beh. = thermische behandeling

nu is uitgegaan van een – situatie) vooralsnog de beste optie als alles integraal afgewogen wordt. Er zijn ideeën om door middel van ontassing MB12 (met gebonden minerale olie) uit de OPK stroom te verwijderen. Nader onderzoek hieraan wordt aanbevolen. Desalniettemin kan niet voorbijgegaan worden aan het feit dat het een gepatenteerde technologie betreft die vooralsnog niet door derden kan worden toegepast. Derhalve kan, vanuit het perspectief van reductie van minerale oliën in de hele relevante OPK-keten, MB12 alleen aanbevolen worden mits deze technologie ook door andere partijen kan worden toegepast.

In lijn met potentiële aanpassingen ten behoeve van het effect op ketenveiligheid voor MB12, kan ook voor andere technologieën aan aanpassingen gedacht worden. In het kader van hergebruik van energie, water en stoffen is gebleken dat de industrie hier al veel aan doet. Daarnaast kan de tijd (doorontwikkeling van de technologie) van invloed zijn op de beoordeling. In het geval van sCO₂, als bij doorontwikkeling blijkt dat de efficiëntie van de productie niet hoeft te lijden onder toepassing van sCO₂ en dat de vrijgekomen warmte in belangrijke mate hergebruikt kan worden en dat CO₂ klimaatneutraal aangewend kan worden, dan is deze technologie veelbelovend. Het neemt echter niet weg dat dit grote investeringen vraagt.

Verder kan in het flotatieproces onderzocht worden hoe procescondities geoptimaliseerd kunnen worden, als het ingezet wordt voor het verwijderen van minerale olie in plaats van ontinkting. De gebruikte stoffen en procescondities kunnen hierdoor zo wijzigen dat de effectiviteit verbeterd, en het verlies van vezels en vulstoffen verminderd zou kunnen worden. Daarnaast kan gedacht worden aan combinatie van technologieën. Zo is er een conceptidee dat vezelverlies als gevolg van flotatie tegengegaan kan worden door het toevoegen van klei (Shen, Service, & Springer, 1995). Naast het toevoegen van klei, kan ook een kleine verhoging van de hoeveelheid silicaat mogelijk vezelverlies verlagen door het bevorderen van de schuimafvoer (Beneventi et al., 2007). In hoeverre aanpassingen mogelijk zijn en wat het effect is op de absolute en relatieve beoordeling dient dan opnieuw ingeschat te worden.

5 Evaluatie gebruik schonere inkten

5.1 Introductie

Het raamwerk wordt op schonere inkten toegepast om de verschillende opties ter reductie van minerale oliën in papier en karton in perspectief te plaatsen. In het WFBR/TNO rapport wordt aangegeven dat inkten een bron kunnen vormen van minerale olie die vanuit het verpakkingsmateriaal naar voeding migreert (Thoden van Velzen et al., 2018). Hierbij kan gedacht worden aan drukinkten aanwezig op kranten en tijdschriften die gerecycled worden en aan drukinkten die gebruikt worden voor de voedselverpakking zelf. In geval van het laatste dient opgemerkt te worden dat de European Printing Ink Association (EuPIA) richtlijnen opgesteld heeft voor het gebruik van inkt aan de buitenkant van voedselverpakking om gezondheidsrisico's te verlagen. EuPIA pleit voor het gebruik van speciaal geformuleerde low-migration inkten (welke geen minerale oliën bevatten) (EuPIA, 2015). Naar verwachting vormen residuen van drukinkten uit kranten de grootste inktbron van minerale olie in het gerecyclede verpakkingsmateriaal (Ewald et al., 2016). Om deze reden wordt de evaluatie van de potentie van gebruik van schonere inkten hierop gefocuseerd.

Bij het invullen van het raamwerk ter evaluatie van de potentie van gebruik van schonere inkten is voor zover mogelijk rekening gehouden met verschillende druksubstraten en -technieken om een gedegen beoordeling te doen. Het raamwerk is toegepast op twee typen schonere inkten, namelijk inkt op plantaardige basis en inkt op waterbasis. Deze typen inkten worden na een inventarisatie als het meest veelbelovend beschouwd in de minerale-olieproblematiek. Hieronder zal eerst een overzicht gegeven worden van relevante aspecten zoals substraten, druktechnieken en geschikte inkten waarna het raamwerk wordt toegepast op de geselecteerde inkten.

Informatie is verkregen via een klein literatuuronderzoek in wetenschappelijke databases als Scopus en Pubmed en gerichte zoekacties, een gesprek met Corné van Loenhout van Green4Print¹⁷ op 13 april 2017 en een gesprek met Jolanda Neeft van De Vereniging van Verf- en Drukinktfabrikanten¹⁸ (VVVF) op 1 september 2017. Additioneel is schriftelijke informatie verkregen via VVVF van haar leden SUN en Flint groep, en daarnaast van de Europese brancheorganisatie voor printinkten EuPIA. Aangezien TNO de informatie via VVVF heeft verkregen van deze partijen, zal in dit document naar VVVF als bron worden verwezen.

5.2 Schonere inkten

Inkten die geen MOSH of MOAH bevatten worden in het kader van dit project beschouwd als schonere inkten. Dit geeft echter niet de garantie dat deze inkten geen schadelijke stoffen bevatten. Naast de aanwezigheid van MOSH en MOAH in oplosmiddelen in conventionele drukinkt bevat drukinkt namelijk ook pigmenten welke halogenen kunnen bevatten, bindmiddelen (of dragers, zoals harsen) en additieven (Robert, 2015).

De laatste decennia zijn nieuwe inkten op de markt gebracht die verschillen in compositie van conventionele inkten en die (bijna tot geheel) vrij van MOSH en

¹⁷ Green4Print is een toeleverancier van verschillende bio-based inkten voor de grafische industrie.

¹⁸ De VVVF is een brancheorganisatie voor de Nederlandse verf- en drukinktindustrie, welke de belangen behartigt van verf- en drukinktbedrijven in Nederland. De brancheorganisatie biedt bedrijven een platform waar leden en externe relaties elkaar kunnen ontmoeten en ervaringen kunnen uitwisselen.

MOAH zijn, zoals inkt op waterbasis en inkt op basis van plantaardige oplosmiddelen (vanaf nu: plantaardige inkt) in plaats van op basis van minerale oliën (gewonnen uit aardolie). De industriële toepassing van schonere inkt en de marktvraag is nog zeer gering voor niet-voedselcontact toepassingen. Een reden hiervoor kan zijn dat de minerale-olieproblematiek niet/in beperkte mate als relevant wordt geacht voor niet-voedselcontact toepassingen zoals kranten en tijdschriften. Het huidige vraagstuk (minerale oliën in gerecycled OPK gebruikt voor voedselverpakking) is mede een consequentie van gekoppelde ketens: de druk(inkt)industrie, de recyclingindustrie en de verpakkingindustrie. Er zijn daarnaast nog beperkingen die het bedrukken van verschillende substraten met deze schonere inkt belemmeren. In onderstaande paragraaf wordt dit verder besproken.

Inkten, substraten en druktechnieken

Om een gedegen beoordeling te doen voor welke schonere inkt geschikt zijn om te gebruiken ter reductie van minerale oliën in gerecycled papier en karton, moet er kennis zijn van 1) het type inkt (inclusief het percentage MOSH/MOAH in de betreffende inkt) dat huidig gebruikt wordt om papier en karton te bedrukken, 2) het papier dat hergebruikt wordt in de OPK stroom en het aandeel van elk papier type in het uiteindelijke verpakkingsmateriaal, 3) het type schonere inkt dat in potentie gebruikt kan worden voor dit type papier en 4) het type druktechniek dat kan worden toegepast in combinatie met deze papier typen.

De typen papier die worden gebruikt voor recycling zijn o.a. krantenpapier, golfkarton, tijdschriften en kantoorpapier (Green4Print, 2017). Er is een ruime keus aan papier en karton verpakkingsmateriaal; er bestaan meer dan 60 verschillende soorten oud papier en karton, die verschillend zijn in kwaliteit. De EN 643:2014 is een Europese lijst van standaardsoorten oud papier en karton voor recycling. In deze lijst worden diverse groepen onderscheiden; Groep 1 zijn ondersoorten, groep 2 zijn middensoorten en groep 3 zijn betere soorten, groep 4: krafthoudende soorten, groep 5 bijzondere soorten (WPT). Een verpakkingproducent kan zelf de keuze maken welk ingangsmateriaal er gebruikt wordt. In die zin kan er daarom niet generiek iets gesteld worden over het aandeel van een papier type in een gerecycled verpakkingsmateriaal.

Het type inkt dat gebruikt kan worden is afhankelijk van het type substraat en het type druktechniek. Het is bijvoorbeeld niet mogelijk om de druktechniek offsetrotatie toe te passen als een papiersubstraat niet op rollers of haspels bevestigd kan worden (VVVF, 2017). In figuur 4 is een overzicht gegeven van de meest voorkomende inktbronnen in gerecycled papier en karton (substraten) en de meest gangbare druktechnieken en inkten die ten behoeve van deze substraten toegepast worden. Het type druktechniek is voornamelijk verbonden met het substraat waarop inkt gedrukt wordt. Krantenpapier en boeken worden veelal gedrukt via offset coldset-rotatie waarbij de inkt droogt door middel van absorptie van het oplosmiddel door het onderliggende papier. Tijdschriften worden daarentegen vaak gedrukt met offset heatset-rotatie (of illustratiediepdruk). Het drogen bij heatset-rotatie wordt bereikt door verdamping. Bij heatset-rotatie verdamp het grootste deel van de oplosmiddelen tijdens het drogingsproces en waardoor dit deel niet in het uiteindelijke product terecht komt. Kantoor materiaal en vellen op plastic voedselcontactmateriaal wordt vooral bedrukt via vellenoffset (Green4Print), en golfkarton en flexibele verpakkingen op basis van papier, plastic en aluminium met flexografische druk (European Flexographic Technical Association, 2013; Kenniscentrum InfoMil, n.d.). Vellenoffset is een goedkoop alternatief voor de offset druktechniek, wordt toegepast bij kleine oplages en is derhalve niet in de figuur

opgenomen. UV-straling kan gebruikt worden om inkt te fixeren op het papier door middel van polymerisatie. Zowel inkt op water- als op oliebasis kunnen met behulp van UV gefixeerd worden (VVVF, 2017). Volgens Green4Print kan UV alleen op UV uithardbare inkt worden toegepast. Inkt op basis van minerale oliën of plantaardige oliën kunnen een extra droging krijgen met behulp van infrarood licht (Green4Print, 2017).

Druktechnieken en inkt in de OPK-voedselverpakkingsketen



* Aangezien massief karton een zeer klein aandeel heeft in de OPK-keten, is deze niet meegenomen in de figuur.

** In principe kunnen inkt gebaseerd op olie en water beide met UV worden bevestigd, echter voor inkt gebaseerd op water wordt dit aanzienlijk minder toegepast (VVVF, 2017).

*** Voor tijdschriften kan illustratiediepdruk gebruikt worden met minerale-olie-vrije inkt. UV inkt zijn niet geschikt voor dit type druk (VVVF). Volgens Green4Print zijn deze inkt op basis van toluen, en daarmee geen goed alternatief (Green4Print, 2017).

Figuur 4. Overzicht van bronnen van MOSH en MOAH in gerecycled papier en karton en de bijhorende druktechnieken en inkten die gebruikt worden.

In het raamwerk zullen inkt op basis van plantaardige olie en op basis van water verder worden beoordeeld op hun geschiktheid als vervanger voor MOSH en MOAH bevattende inkt. De hoofdbron van minerale olie contaminanten in gerecyclede verpakkingen zijn naar verwachting inkt van kranten; krantenpapier bevat gemiddeld 3000 mg/kg aan MOSH en MOAH (Ewald et al., 2016). Om deze reden zal op dit type papier en de bijbehorende type inkt de nadruk gelegd worden om de potentie van gebruik van schonere inkt te evalueren.

Hieronder worden de globale samenstelling en eigenschappen van deze verschillende type inkt besproken. Opgemerkt dient te worden dat in het kader van dit verkennende onderzoek getracht is om exacte samenstellingen van inkt te verkrijgen. Deze konden echter niet verstrekt worden vanwege geheimhouding door de producenten. Green4Print geeft in dit kader aan dat instanties zoals de Industrie Studien Entwicklungsgesellschaft Aschaffenburg (ISEGA) en de Environmental Protection Encouragement Agency (EPEA) de samenstelling van door hen gecertificeerde producten wel kennen en onderzocht hebben in het kader van certificering (Green4Print, 2017).

Plantaardige inkten

Inkt op oliebasis bevat verdunners die minerale oliën bevatten. Een alternatief voor deze inkten is de minerale olie fractie vervangen door plantaardige oliën of esters gewonnen uit plantaardige bronnen zoals sojaboon, raapzaad of natuurlijke harsen. Inkten die gebaseerd zijn op plantaardige oliën en esters worden in deze rapportage plantaardige inkten genoemd. Plantaardige inkten zijn onder andere geschikt voor vellenoffset, een druktechniek die voordelig is bij kleine oplages, en offset coldset-rotatie (Kersten, Putz, & Schabel, 2017; VVVF, 2017). Het hoge aantal dubbele bindingen in de structuren van plantaardige oliën en esters maakt ze geschikt voor het oxidatieve drogingsproces (VVVF, 2017). Echter, voor offset heatset-rotatie zijn deze drogingseigenschappen niet voordelig; in tegenstelling tot inkten met minerale oliën, verdampen de oliën niet maar vindt er decompositie plaats.

Toepassing voor offset coldset-rotatie zit tot op heden nog in de ontwikkelfase. Deze ontwikkeling is in het kader van het huidige onderzoek van groot belang, aangezien kranten bedrukt worden via coldset-rotatie. De zogenaamde plantaardige inkten voor offset coldset-rotatie die huidig op de markt zijn, kunnen volgens informatie van VVVF nog een substantiële hoeveelheid aan minerale oliën bevatten (VVVF, 2017). Volgens Green4Print zijn er coldset-inkten die 0% minerale olie bevatten (Green4Print, 2017). Het Federale Milieubureau in Duitsland ((Umwelt Bundesamt (UBA)) financiert een onderzoeksproject naar plantaardige oliën die geheel vrij van minerale oliën zijn.

Inkten op waterbasis

Inkten op waterbasis worden huidig gebruikt op papier- en kartonsubstraten geschikt voor flexdruk van golfkarton en vouwkarton. Water is bij deze inkten de vervanger van het oplosmiddel, en bevat vaak ook nog 20% alcohol om het droogproces te versnellen (Robertson, 2016). Een typische formulering van watergebaseerde inkt is acrylemulsie (40%), water (26%), organisch pigment (16,5%), isopropyl alcohol (7%), klei (5%), was (2,5%), plastificeermiddel (2%) en morpholine (1%) (Robertson, 2016). Volgens informatie van Green4Print, bevatten de nieuwste inkten voor flexdruk bindmiddelen gemaakt van zetmeel, suikers en plantaardige oliën. Hierdoor hoeven amines en ammonia niet toegevoegd te worden en is het pH-neutraal (Green4Print, 2017). Inkten op waterbasis geven minder uitstoot van vluchtige organische verbindingen en verkleinen zo de ecologische voetafdruk (Robert, 2015). Het drogen van onder andere papier kost bij inkten op waterbasis meer energie dan bij minerale olie-gebaseerde offset inkten (Robertson, 2016). Dit geldt volgens Green4Print voor niet-absorberende substraten zoals plastics, maar bij absorberende substraten zoals papier en karton is er volledige wegslag van water in het substraat (Green4Print, 2017). Het ontinkten van papier/karton bedrukt met inkt op waterbasis is moeilijk volgens informatie verkregen via VVVF (VVVF, 2017).

Inkten op waterbasis zijn niet geschikt voor coldset-rotatie omdat dit via een offset-principe wordt gedaan, wat betekent dat de inkt en de vochtwateroplossing worden aangetrokken tot verschillende delen van de drukplaat (VVVF, 2017). Verder bestaan er flexografische krantendrukpersen in Italië die water-gebaseerde flexografische inkten gebruiken om te drukken. Volgens VVVF daalt het gebruik van de flexografische technologie voor het drukken van kranten. Green4Print geeft aan dat bij hoge snelheden de papierbaan breekt doordat het water het papier weker maakt. Derhalve worden inkten op waterbasis vaak voor karton gebruikt en wordt voor dun papier offset gebruikt in plaats van flexdruk. Daarom wordt verder niet ingegaan op de mogelijkheid om kranten te drukken via flexdruk met inkt op waterbasis.

5.3 Evaluatie met raamwerk

Inleiding

Zoals eerder is aangegeven is het huidige vraagstuk (minerale oliën in gerecyclede OPK gebruikt voor voedselverpakking) mede een consequentie van gekoppelde ketens: de druk(inkt)industrie, de recyclingindustrie en de verpakkingindustrie. Bij de evaluatie van de potentie van het gebruik van schonere inkten betreft het een maatregel in de druk(inkt)industrie keten die een effect beoogd in de uiteindelijke verpakkingketen. Dit betekent dat de extra kosten van schonere inkten gemaakt moeten worden door bedrijven die daar uiteindelijk geen/beperkt belang bij hebben (drukkerijen, kranten, etc.), en niet bij de bedrijven die dat wel hebben (recyclebedrijven, voedselverpakkingindustrie). Tevens betekent dit dat de schonere inkten breed moeten worden toegepast om impact op de aanwezigheid van MOSH en MOAH in het uiteindelijke gerecyclede papier en karton te hebben en dat veel "schoon" drukwerk niet meer gebruikt wordt of voor andere doeleinden dan voedselcontact. De beoordeling wordt uitgevoerd onder de aanname dat 100% van het (gerecyclede) verpakkingmateriaal afkomstig is van papier/karton dat met schonere inkten is bedrukt.

Samenvatting resultaten evaluatie

De gehele evaluatie is toegevoegd in bijlage K. Het biedt de onderliggende informatie/ verantwoording per item die geleid heeft tot de score/toelichting.

Tabel 8: Samenvatting evaluatie plantaardige inkt en inkt op waterbasis

Item	Score		Toelichting
	Plantaardige inkt	Inkt op waterbasis	
<i>Voedselveiligheid</i>			
Toxiciteit	+	+	Op basis van de huidige informatie, maar met een mate van onzekerheid. Dit komt doordat de exacte samenstelling van (schonere) inkten ontbreekt. Met name uitgaande van het feit dat schonere inkten minder minerale oliën bevatten en dat de vervangende componenten als minder toxisch worden beschouwd

Item	Score		Toelichting
	Plantaardige inkt	Inkt op waterbasis	
Productveiligheid	+	0/+	<u>Plantaardige inkt</u> : is geschikt voor coldset-rotatie (kranten). Bij volledige toepassing van de inkt in deze sector zal de hoeveelheid minerale olie naar verwachting sterk gereduceerd worden. <u>Inkt op waterbasis</u> : Er wordt een beperkte reductie van minerale olie in de OPK-stroom verwacht gezien het lage aandeel van deze inkten in bedrukkingen. Daarnaast ontbreekt informatie over de samenstelling
Ketenveiligheid	+	+	Op basis van de huidige informatie en de aanname dat beide inkten wereldwijd toegepast worden. Naar verwachting zal het decennia duren voordat dit stadium wordt bereikt
Duurzaamheid			
Materiaalbehoud	0	0	Naar verwachting geen invloed op recyclebaarheid
(Energie)bronnen	x	-/0	<u>Plantaardige inkt</u> : teveel onduidelijkheden waardoor dit niet beoordeeld kon worden. <u>Inkt op waterbasis</u> : volgens Robertson, 2016 kost het drogen van deze inkt 3 maal zoveel energie (-beoordeling). Echter volgens Green4Print geldt dit alleen voor niet-absorberende substraten en derhalve niet voor papier en karton (0 beoordeling). Tegenstrijdige informatie
Afvalstromen	0	0	Er wordt niet verwacht dat er andere afvalstromen in de OPK stroom zijn bij het gebruik van schonere inkten
Haalbaarheid/kosten			

Item	Score		Toelichting
	Plantaardige inkt	Inkt op waterbasis	
Kosten	--	--	Score betreft totale kosten om optimaal effect te behalen (dus wereldwijde toepassing door alle drukkerijen). Gezien dat schonere inkten momenteel 25-30% duurder zijn dan traditionele inkten, wordt een categorie C verwacht. Daarnaast is het onduidelijk op basis van de verkregen informatie of additonele investeringen gedaan dienen te worden voor toepassing van de inkten. De kosten per drukkerij kunnen derhalve op basis van de huidige informatie niet ingeschat worden
Efficiëntie productie	x	-	<u>Plantaardige inkt</u> : gezien veel variabelen en dat toepassing nog niet op grote schaal wordt gedaan, niet te beoordelen. <u>Inkt op waterbasis</u> : als gevolg van water in papier kan mogelijk papierbreuk optreden
Implementeerbaarheid	-	-	Nieuwe kennis en vaardigheden dienen verworven te worden. Daarnaast mogelijk procesmatige veranderingen, maar dat is op dit moment onduidelijk
TRL niveau	x	++	<u>Plantaardige inkt</u> : tegenstrijdige informatie dus niet te beoordelen en <u>Inkt op waterbasis</u> : TRL 9
Kwaliteit eindproduct	0	0	De kwaliteit van het eindproduct, gerecycled OPK, zal naar verwachting niet worden beïnvloed door het gebruik van schonere inkten

Conclusie

Ten behoeve van de evaluatie van schonere inkten zijn twee typen inkten geselecteerd: plantaardige inkt die in potentie geschikt is ter vervanging van minerale olie bevattende inkten voor offset coldset-rotatie (kranten) en inkt op waterbasis welke toegepast kan worden op golf- en vouwkarton. Tijdens dit verkennende onderzoek is gebleken dat bepaalde informatie niet op basis van feiten te toetsen was en daarnaast dat informatie op een aantal aspecten tegenstrijdig bleek. Derhalve kon voor deze aspecten geen beoordeling gegeven worden. Dit wordt op de relevante plaatsen weergegeven.

Product- en ketenveiligheid

Ten behoeve van dit verkennende onderzoek is getracht om informatie over de exacte samenstelling van deze inkten te verkrijgen, maar deze kon niet worden verstrekt. Om deze reden is het effect van het gebruik van schonere inkten op de productveiligheid alsook de ketenveiligheid niet geheel te beoordelen. De beoordeling heeft plaatsgevonden in kwalitatieve zin, en deels op basis van aannames zoals benoemd in de tekst. Op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat, als deze schonere inkten wijdverbreid toegepast worden als alternatief, deze inkten beoordeeld worden met een + voor zowel productveiligheid als ketenveiligheid. Het is geen ++ beoordeling omdat deze inkten niet de enige bron van minerale olie in de OPK keten zijn en het door het ontbreken van de exacte samenstelling niet zeker is of de inkten geheel veilig zijn. Daarnaast dient opgemerkt te worden dat dit effect alleen bereikt kan worden als wereldwijd iedereen schonere inkten gaat toepassen (zowel de plantaardige inkt als de inkt op waterbasis) waarbij het beoogde effect naar verwachting pas na een aantal decennia bereikt zal worden, ook gezien de benodigde investeringen en eventuele aanpassingen in het drukproces. Als plantaardige inkt met inkt op waterbasis vergeleken wordt in deze, dan zal het effect op veiligheid groter zijn bij toepassing van plantaardige inkt aangezien dit in potentie toegepast kan worden op offset coldset-rotatie (kranten) waarvan verondersteld wordt dat dit een relatief groot aandeel heeft in contaminatie van de OPK stroom met minerale olie.

Duurzaamheid

Het gebruik van schonere inkten vanuit de OPK problematiek scoort neutraal op de duurzaamheidsaspecten materiaalbehoud en afval wat betekent dat het geen ander effect heeft op deze duurzaamheidsaspecten dan de huidige situatie zonder gebruik van schonere inkten. Het (additioneel) energieverbruik is voor plantaardige inkten niet te beoordelen, en het kost mogelijk meer energie om inkt op waterbasis te gebruiken in vergelijking met de traditionele inkten. Dit kon niet met zekerheid beoordeeld worden gezien een tegenstrijdigheid in verkregen informatie. Opgemerkt dient te worden dat duurzaamheid hier beoordeeld wordt vanuit effect op het papier/karton product in de OPK-keten. Bepaalde schonere inkten kunnen op zichzelf wel bijdragen aan het duurzaamheidsaspect.

Kosten en haalbaarheid

De kosten- en haalbaarheidsaspecten (behalve kwaliteit eindproduct) zijn beoordeeld vanuit oogpunt van de druk (inkt)industrie. De kosten voor introductie en toepassing van zowel plantaardige inkten als inkt op waterbasis kunnen niet goed kwantitatief ingeschat worden. Echter er kan met redelijke zekerheid gesteld worden dat deze kosten in categorie C (-) vallen in het geval het effect in de OPK-keten gemaximaliseerd moet worden gezien het feit dat vanuit de OPK

problematiek deze investering wereldwijd door alle drukkerijen zouden moeten worden gedaan. In dit geval dienen ook zowel plantaardige inkten als inkten op waterbasis overal toegepast te worden. De kosten zullen gespreid gemaakt moeten worden door verschillende drukkerijen. Hier komt bij dat de investeringen gedaan moeten worden door partijen die daar geen direct (voedselveiligheids)belang bij hebben omdat ze inkten ontwikkelen voor producten die in meerderheid niet bedoeld zijn voor voedselcontact (kranten/tijdschriften etc).

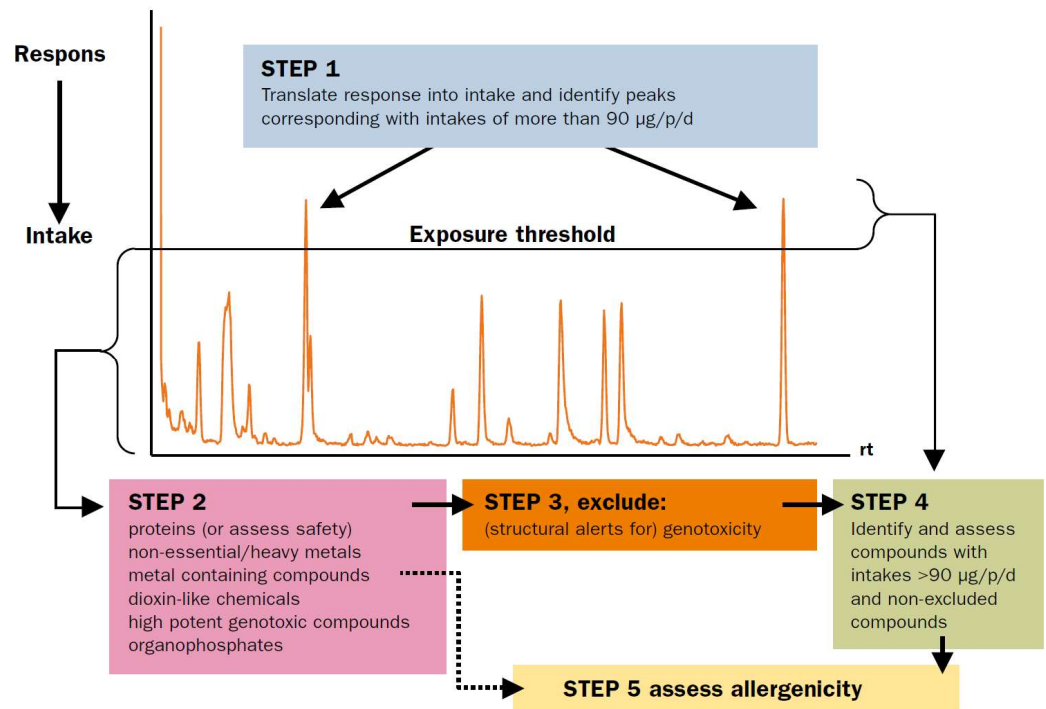
De kosten per drukkerij konden op basis van de huidige (tegenstrijdige) informatie niet voldoende ingeschat worden. Dit betreft met name het aspect of aanpassingen in het drukproces plaats moeten vinden als plantaardige oliën gebruikt worden bij coldsetrotatie in plaats van de traditionele inkten. De ontwikkelingen voor de beoogde toepassing van plantaardige inkten lijken nog achter te lopen op inkt op waterbasis terwijl eerstgenoemde in potentie het meeste impact heeft. Voor plantaardige inkten is op dit moment het effect op de productie-efficiëntie niet te beoordelen, terwijl inkt op waterbasis hier een negatief effect op heeft vanwege papierbreuken die mogelijk kunnen ontstaan als gevolg van water in het papier. Om beide inkten te implementeren wordt geacht dat bij de drukkerijen nieuwe kennis in huis gehaald moet worden. Voor verpakkingen wordt geen effect verwacht op de kwaliteit van het product bij het gebruik van schonere inkten, mits geen ontinkting wordt toegepast. Volgens de verkregen informatie heeft het toepassen van schonere inkten een negatief effect op de mate waarin het papier te ontinkten is. Gezien ontinkten in principe niet/beperkt voor voedselcontactmaterialen wordt toegepast, is dit aspect niet mee gewogen.

6 Toepasbaarheid en waarde CoMSAS aanpak

6.1 Beschrijving CoMSAS

De nadruk in het huidige onderzoek ligt op het voedselveiligheidsaspect (people), waarvoor de toxicologische beoordeling van groot belang is. Het bepalen en toxicologisch beoordelen van potentiële migranten uit voedselverpakkingen vormt een uitdaging aangezien de samenstelling van de verpakkingen veelal niet exact bekend is. Ook kunnen onbekende stoffen onbedoeld in voedingsmiddelen terecht komen. Het beoordelen van gerecyclede verpakkingen vormt een nog grotere uitdaging aangezien, naast het feit dat de exacte samenstelling niet bekend is, de aard van de grondstoffen ook nog eens varieert door de wisselende bronnen die gebruikt worden. De traditionele toxicologische risicobeoordeling richt zich op identificatie van alle individuele stoffen gevolgd door een stof specifieke risicobeoordeling. Dit is echter moeilijk te realiseren voor OPK. TNO heeft de afgelopen jaren een innovatieve methode genaamd Complex Mixtures Safety Assessment Strategy (CoMSAS) ontwikkeld om de veiligheid van complexe voedingsmatrices te beoordelen vanuit toxicologisch oogpunt zonder dat alle stoffen geïdentificeerd en separaat beoordeeld hoeven te worden. In dit onderzoek wordt verkend of CoMSAS toepasbaar en van toegevoegde waarde kan zijn in veiligheidsbeoordeling binnen dit vraagstuk (opdracht 4). CoMSAS is een pragmatistische, stapsgewijze aanpak waarin analytische technieken gecombineerd worden met het "Threshold-of-Toxicological-Concern" (TTC)-concept.

Het TTC-concept is gebaseerd op algemene gezondheidskundige drempelwaarden voor blootstelling aan klassen van stoffen (Kroes et al., 2004). Deze algemene blootstellingsdrempelwaarden zijn zo vastgesteld dat er een zeer gering risico voor de volksgezondheid is als deze waarden niet overschreden worden, en zijn gebaseerd op een uitgebreide evaluatie van toxiciteitsgegevens beschikbaar in de wetenschappelijke literatuur. Hiervoor is naar een grote verscheidenheid aan verbindingen bekeken. Op basis van het TTC-concept kan de veiligheid van stoffen met een bekende chemische structuur, maar waarvan geen toxiciteitsinformatie beschikbaar is, worden beoordeeld. Het TTC-concept wordt geaccepteerd en toegepast door vele belanghebbende instanties, waaronder autoriteiten als de European Food Safety Authority (EFSA). Waar het TTC-concept op individuele stoffen wordt toegepast, wordt hetzelfde concept met CoMSAS op een mengsel met onbekende stoffen toegepast. Door het TTC-concept te combineren met analytische technieken is dit mogelijk gebleken. In figuur 5 wordt CoMSAS schematisch gepresenteerd waarna dit nader wordt toegelicht.



Figuur 5: Schematische weergave van de CoMSAS methodiek

De eerste stap is belangrijk in de bepaling of CoMSAS een geschikte beoordelingsmethode voor een bepaald vraagstuk is. In deze stap worden door toepassing van verschillende analysetechnieken op monsters van het te onderzoeken materiaal/voedingsmiddel de verschillende stoffen die aanwezig zijn in het product inzichtelijk gemaakt. Dit resulteert in een aantal chromatogrammen met pieken. Aan de hand van referentiestoffen en een inschatting van de voedselconsumptie per dag van het betreffende monster, kan semi-kwantitatief de blootstelling aan de 'piek' (stof) worden ingeschat (Rennen, Koster, Krul, & Houben, 2011). Deze blootstelling wordt met de blootstellingsdrempel ('exposure threshold' in figuur 5) vergeleken. In CoMSAS wordt een blootstellingsdrempel van 90 µg/dag gebruikt. Deze drempelwaarde is gelijk aan de drempelwaarde voor stoffen van Cramer-klasse III, één van de TTC-classes. Als voor de stoffen die onder de 90 µg/dag zitten, kan worden aangetoond dat zij niet één van de stoffen uit stap 2 zijn of dat het mengsel genotoxisch is (stap 3), kan worden verondersteld dat die veilig zijn (zie figuur 5). Identificatie en aparte beoordeling is dan niet nodig voor deze stoffen. Alleen de stoffen boven de 90 µg/dag dienen geïdentificeerd en beoordeeld te worden (stap 4).

De reden dat aanwezigheid van de stoffen in genoemd in stap 2 en genotoxiciteit uitgesloten moet worden is dat het TTC concept deze stoffen uitsluit of een lagere blootstellingsdrempel hiervoor afgeleid is. De aanwezigheid van de klassen van verbindingen zoals genoemd in stap 2 kunnen beoordeeld worden op basis van gerichte analyses dan wel op basis van beoordeling van een expert. De aanwezigheid van genotoxische verbindingen kan onderzocht worden door middel van een gevoelige bioassay. Nadere beschrijving van de methodiek en toepassing daarvan is te vinden in de publicaties (Koster et al., 2014; Rennen et al., 2011).

Toepassing van CoMSAS is alleen praktisch als het overgrote merendeel aan pieken onder de 90 µg/dag zit. CoMSAS is gepubliceerd (Krul, Koster, Rennen,

Leeman, & Houben, 2014; Rennen et al., 2011) in intercollegiaal getoetste wetenschappelijke tijdschriften, en wordt door meerdere belanghebbende instanties geaccepteerd (waaronder ILSI Europe (International Life Sciences Institute (ILSI), 2015)). Haar toepasbaarheid en toegevoegde waarde is aangetoond voor verpakkingsmaterialen (Koster et al., 2014), en groente/fruit extracten (Koster et al., 2015), maar nog niet in het kader van het recyclingvraagstuk.

6.2 Toepassing CoMSAS in dit onderzoek

In dit verkennende onderzoek is nagegaan of CoMSAS een pragmatische aanpak is in de beoordeling van de effecten van een technologie op de veiligheid van het gerecyclede papier en karton. Het betrof in deze niet de reductie van minerale olie door de technologie, maar de beoordeling van eventueel nieuw/verhoogde stoffen in het gerecyclede product als gevolg van toepassing van de technologie. Om dit pragmatisch te onderzoeken, werd de CoMSAS aanpak zoals gehanteerd voor groente/fruit extracten (Koster et al., 2015) gebruikt waarbij de chromatogrammen van de monsters van voor en na toepassing van de technologie met elkaar vergeleken zijn. Op deze manier is inzicht verkregen in nieuw gevormde en/ of verhoogde stoffen als gevolg van de technologie. Uiteraard kunnen er ook stoffen verlaagd aanwezig of verdwenen zijn, maar deze zijn, behalve reductie minerale olie, gezien de doelstelling van dit onderzoek niet nader onderzocht.

Om toepasbaarheid van CoMSAS in dit onderzoek te verkennen zijn de volgende aspecten onderzocht:

- Mogelijkheid om van monsters uit een praktijksituatie de chromatogrammen van voor en na toepassing (proces)technologie wetenschappelijk verantwoord met elkaar te kunnen vergelijken;
- Semikwantitatieve bepaling van de stoffen in de monsters om vergelijking met blootstellingsdrempel te kunnen maken
- Bepaling of het gros van nieuwe/verhoogde pieken onder de blootstellingsdrempel ligt waardoor in principe CoMSAS methode voor deze stoffen kan worden toegepast in plaats van individuele identificatie en beoordeling

Daartoe hebben Smurfit Kappa en een papier- en kartonproducent monsters aan TNO verstrekt. De monsters van Smurfit Kappa betroffen één stuks standaard-karton en één stuks MB12-karton. Bij de papier- en kartonproducent zijn monsters genomen uit twee productielijnen: één voor papier, waarbij dubbele flotatie wordt toegepast om te ontinkten en één voor karton waarbij slechts een reinigingsstap wordt uitgevoerd. Op de monsters van Smurfit Kappa en van de OPK-grondstoffen en de eindproducten van beide productielijnen van de papier- en kartonproducent zijn migratietesten uitgevoerd met behulp van Tenax-extractie. Voorts zijn papier- en pulpmonsters uit verschillende fasen van het productieproces geëxtraheerd met dichloormethaan.

De extracten van de monsters van voor en na behandeling met de technologie zijn middels chromatografische analyse met elkaar vergeleken. Hierdoor kan een goed inzicht verkregen worden in de aanwezigheid van nieuwe en/of verhoogde stoffen in de verpakking ten gevolge van de behandeling. Daarna zijn de pieken in de chromatogrammen van de geëxtraheerde monsters vertaald naar een 'worst case'-blootstelling om deze te kunnen vergelijken met de blootstellingsdrempel van 90 µg/dag (stap 1 van de CoMSAS-methode). De Tenax-extracten geven een realistische worst-caseschatting van de stoffen die naar voedsel kunnen migreren.

De dichloormethaan-extracten geven slechts een beeld van de gehalten aanwezig in het monster, d.w.z. het papier of de pulp.

Bij volledige toepassing van CoMSAS dienen stappen 2, 3 en 5 daarbij ook uitgevoerd te worden. Echter toepasbaarheid van deze stappen is reeds aangetoond voor karton (Koster et al., 2014) en waren derhalve niet nodig voor de huidige verkenning.

6.3 Resultaten en conclusie

In bijlage A en C staat de beoordeling van het effect van respectievelijk MB12 en flotatie op voedselveiligheid omschreven. Voor deze twee technologieën zijn experimentele analyses uitgevoerd (zie bijlagen B, D-F) waarbij de bruikbaarheid en toegevoegde waarde van CoMSAS is onderzocht. Hier worden deze resultaten samengevat.

Op basis van de resultaten kan geconcludeerd worden dat met CoMSAS:

- middels het uitvoeren van stap 1 een duidelijk beeld geeft van de nieuwe/verhoogde pieken;
- het mogelijk is om de pieken te kwantificeren en te relateren aan de blootstellingsdrempel;
- voor alle gedetecteerde verbindingen in de GC-MS analyses van de migratietest geldt dat, rekening houdend met een consumptie van 300 gram voeding verpakt in gerecycled papier/karton per dag, de inname ruim onder de grens van 90 µg per dag zit. Dit geldt ook voor de dichloormethaanextracten van OPK-monsters uit de PM-1-productielijn van de papier- en kartonproducent, uitgaande van 100% migratie.

Hierdoor kan geconcludeerd worden dat toepassen van CoMSAS efficiënter en sneller is dan de traditionele stofspecifieke aanpak. Voor nieuwe/verhoogde stoffen waarvan de blootstelling onder de 90 µg/dag uitkomt hoeft namelijk geen identificatie en separate veiligheidsbeoordeling te worden uitgevoerd. Bij toepassen van CoMSAS moet dan op het mengsel stap 2 en 3 van CoMSAS worden toegepast. Met stap 2 in CoMSAS dient de aanwezigheid van de verbindingen zoals genoemd in figuur 5 beoordeeld te worden aan de hand van analyses of inschattingen door deskundigen. Vervolgens dient in stap 3 de genotoxiciteit van het mengsel onderzocht te worden met een zo gevoelig mogelijke biologische test. De haalbaarheid en toegevoegde waarde van toepassing van deze stappen in karton is al eerder aangetoond in de publicatie van Koster en zal derhalve, aangezien matrix dezelfde is, ook hier haalbaar zijn.

7 Integrale evaluatie, conclusies en aanbevelingen

Er bestaan verschillende technologieën om te voorkomen dat minerale oliën vanuit voedselverpakkingsmateriaal gefabriceerd met gerecycled OPK in het verpakte voedsel terecht komen. De overkoepelende doelstelling van dit onderzoek was deze technologieën te beoordelen op voedselveiligheid (people), duurzaamheid (planet) en haalbaarheid/kosten (profit). Daartoe is een beoordelingsraamwerk ontwikkeld om een consistente en transparante evaluatie mogelijk te maken (hoofdstuk 3).

In dit onderzoek zijn, op basis van literatuuronderzoek, van experimenteel onderzoek, van de expertise van TNO en van geconsulteerde experts, de mogelijkheden voor het verwijderen van minerale olie uit de (Nederlandse) OPK-stroom verkend, inclusief de opties voor het fixeren van minerale oliën in gerecyclede OPK (hoofdstuk 2). Vervolgens zijn deze mogelijkheden beoordeeld, aan de hand van het ontwikkelde raamwerk, op voedselveiligheid, duurzaamheid en haalbaarheid/kosten (hoofdstuk 4).

Om de verwijder- en fixatieopties in perspectief te plaatsen ten aanzien van het gebruik van schonere inkten, is het gebruik van twee categorieën schonere inkten ook aan de hand van het raamwerk beoordeeld (hoofdstuk 5). Daarnaast is onderzocht of toepassing van CoMSAS van toegevoegde waarde is bij de beoordeling op voedselveiligheid (hoofdstuk 6).

In dit hoofdstuk wordt de relatieve potentie van technologieën ter reductie van minerale oliën in de OPK-stroom afgezet tegen die van het gebruik van schonere inkten. In de daaropvolgende discussie wordt ingegaan op de grenzen en de onzekerheden van het verkennende onderzoek, waarna de conclusies en aanbevelingen voor vervolgonderzoek beschreven worden.

7.1 Relatieve potentie technologieën in OPK-keten versus schonere inkten

In dit hoofdstuk zal de potentie van reductie van minerale-oliemigratie vanuit de OPK-keten afgewogen worden tegen de potentie van het gebruik van schonere inkten voor dit doel (opdracht 2).

Een veel voorkomende gedachte is dat problemen aangepakt dienen te worden bij de bron. In het geval van de minerale-olieproblematiek is dit meteen wellicht het meest complexe aspect, aangezien minerale olie in voeding vanuit veel verschillende bronnen afkomstig kan zijn. Daarbij zijn er bronnen die alleen MOSH leveren en bronnen die zowel MOSH als MOAH leveren, afhankelijk van de mate van zuivering van de minerale olie. De gemiddelde blootstelling aan MOSH via voeding is door de EFSA berekend op 0,03 tot 0,3 mg/kg lichaamsgewicht per dag (EFSA, 2012). De absolute en relatieve bijdrage van de verschillende bronnen aan de hoeveelheid minerale olie in voeding is grotendeels onbekend. De EFSA heeft een inschatting gerapporteerd van de blootstelling aan MOSH via voeding verpakt in materialen gemaakt van gerecycled papier en karton. Deze blootstelling is, voor specifieke voedingsmiddelen verpakt zonder migratiebarrière, volgens de EFSA gelijk aan 0,005 tot 0,11 mg MOSH/kg lichaamsgewicht per dag. Wat het aandeel van MOSH uit het verpakkingsmateriaal is en wat de herkomst van de overige MOSH in de voeding is, blijft echter onduidelijk. De blootstelling aan MOAH via voeding is tot op heden niet in kaart gebracht en vormt dus een hiaat in de kennis, maar de EFSA schat dat 20% van minerale olie uit MOAH bestaat (Thoden van Velzen et al., 2018). Ondanks deze onzekerheid is er vanuit toxicologisch perspectief voldoende reden om reducerende maatregelen te onderzoeken,

aangezien MOAH potentieel genotoxisch carcinogene eigenschappen heeft een daarom het ALARA-principe¹⁹ geldt.

Naar verwachting vormen residuen van drukinkten uit kranten de grootste inktbron van minerale olie in het gerecyclede verpakkingsmateriaal (Ewald et al., 2016). Andere bronnen van minerale olie in (gerecyclede) verpakkingsmateriaal kunnen bijvoorbeeld lijmen, inkten aan de buitenkant van de voedselverpakking en smeerolie zijn. In het kader van de minerale olieproblematiek heeft EuPIA richtlijnen opgesteld voor het gebruik van inkt aan de buitenkant van voedselverpakking, om gezondheidsrisico's te verlagen. EuPIA pleit voor het gebruik van speciaal geformuleerde laag-migrerende inkten (welke geen minerale oliën bevatten) (EuPIA, 2015).

In dit verkennende onderzoek was het onmogelijk om reducerende maatregelen voor alle bronnen te exploreren. Derhalve is ervoor gekozen te focussen op de grootste inktbron, en de potentie van toepassen van schonere inkten (vrij van minerale olie) voor drukwerk te evalueren in het kader van deze problematiek. De potentie van deze optie wordt vergeleken met de optie om maatregelen tegen minerale oliën te nemen in de OPK keten. In tabel 6 worden algemene voor- en nadelen van deze twee aanpakken opgesomd.

Tabel 6: Voor- en nadelen van 'reductie/fixatie van minerale olie in verpakking' ten opzichte van 'gebruik schonere inkten'

	Reductie/fixatie minerale olie in verpakking	Schonere inkten
Voordeel	<p>Reductie/eliminatie van minerale-olie-migratie vanuit verpakking onafhankelijk van bron</p> <p>Direct effect op productveiligheid</p>	<p>Aanpak bij bron => oplossing probleem</p> <p>Aanpak grootste bron voor contaminatie in verpakkingsketen</p>
Nadeel	<p>Probleem blijft bestaan omdat de bronnen voor minerale olie in verpakkingen niet aangepakt worden</p>	<p>Is slechts één van meerdere bronnen van minerale olie in verpakkingen</p> <p>Vraagt medewerking van vele partijen wereldwijd</p> <p>Deze partijen (drukkers) hebben niet primair verantwoordelijkheid voor voedselveiligheid aangezien hun eindproduct niet bedoeld is voor voedselcontact (kranten/tijdschriften)</p> <p>Behalen van beoogde effect duurt naar verwachting decennia</p>

Naast de genoemde voor-en nadelen is het daarbij van cruciaal belang in hoeverre de maatregelen effectief zijn voor het beoogde doel. In hoofdstukken 4.7 en 5 is de potentie van de verschillende maatregelen geëvalueerd. Met name op basis van de geringe haalbaarheid lijkt het gebruik van schonere inkten op de korte termijn geen optie met voldoende impact om de blootstelling aan MOSH en MOAH via voedselverpakkingsmateriaal uit gerecyclede OPK te verminderen. Het neemt niet weg dat het vanuit voedselveiligheidsperspectief wenselijk is om schonere inkten toe te passen in plaats van traditionele, ook al heeft het slechts impact op de lange termijn.

¹⁹ as low as reasonably achievable: zo laag als redelijkerwijs mogelijk

7.2 **Discussie: onzekerheden en aannames in het onderzoek**

Dit onderzoek betrof een verkennend onderzoek om de potentie van mitigatiemaatregelen in de minerale olieproblematiek bij oud papier en karton te evalueren aan de hand van voedselveiligheid (people), duurzaamheid (planet) en kosten/haalbaarheid (profit). Om invulling te geven aan deze aspecten is literatuuronderzoek verricht, is informatie verkregen van belanghebbenden middels gesprekken en via correspondentie, en is experimenteel onderzoek verricht ten aanzien van de voedselveiligheidsaspecten van MB12 en flotatie.

Aannames

Tijdens dit onderzoek is gebleken dat de rijpheid van technologieën verschilt, wat zijn weerslag heeft op de hoeveelheid aan beschikbare informatie over een technologie. Bijvoorbeeld, als een technologie nog niet in de praktijk wordt toegepast is het moeilijker om de daadwerkelijke kosten en effecten op de productie in te schatten. Daarnaast is ervoor gekozen om, gezien het beperkte aantal gevonden mitigatiemaatregelen die in de praktijk (kunnen) worden toegepast, ook nieuwe ideeën aan de hand van het raamwerk te evalueren. Gezien het innovatieve karakter van die technologieën zijn een aantal aannames gedaan. Daar waar aannames zijn gedaan, zijn deze benoemd alsook waar deze op gebaseerd zijn. In het geval de onzekerheden te groot werden geacht, is ervoor gekozen het betreffende aspect van het raamwerk niet te beoordelen. Voor de maatregelen die op basis van dit verkennende onderzoek potentie hebben, wordt aanbevolen om meer feitelijke informatie te genereren zodat een realistischer beeld verkregen kan worden over de potentie. Een voorbeeld in dit kader betreft de schatting van (investerings)kosten. Deze informatie kon moeilijk verkregen worden, vanwaar een categoriseringsaanpak is gehanteerd.

Mondelinge informatie

Slechts een beperkt deel van de te evalueren aspecten kon ingevuld worden op basis van informatie uit de literatuur. Veel informatie is derhalve ingewonnen door middel van gesprekken met belanghebbenden, waarbij is gevraagd om onderbouwde, feitelijke informatie te delen ten behoeve van het onderzoek. Desondanks kon een deel van de verkregen informatie niet feitelijk worden getoetst, wat onzekerheid met zich meebrengt. De informatie die in dit rapport vermeld staat, is getoetst op feitelijke onjuistheden bij de belanghebbende die de informatie verschaft heeft. Bij de evaluatie van de potentie van schonere inkten is gebleken dat er tegenstrijdigheden zaten in de verkregen informatie. Het is niet gelukt om feitelijke informatie te verkrijgen om de tegenstrijdigheden op te lossen. Derhalve is ervoor gekozen de informatie als zodanig te beschrijven, en op dat aspect geen beoordeling te geven.

Experimenten

De uitgevoerde chemische analyses op de OPK-materialen van Smurfit Kappa en de papier- en kartonproducent betreffen monsters van één batch of dag. De uitkomsten van deze analyses zijn derhalve op zichzelf alleen indicatief. Voor zowel MB12 als flotatie was er informatie vanuit de literatuur beschikbaar betreffende het effect op reductie van (migratie van) minerale olie uit verpakkingen. De uitkomsten van de experimenten zijn in lijn met de literatuur, en worden derhalve als representatief beschouwd. Hiermee geven deze gecombineerde gegevens voldoende informatie om de potentie van de mitigatiemaatregel te beoordelen. Om met name de effecten op nieuwe/verhoogde stoffen beter in beeld te krijgen, wordt echter aanbevolen om dit onderzoek te herhalen met meerdere monsters op

verschillende tijdstippen, zodat een goed beeld wordt verkregen van de mogelijke variatie. Dit geldt met name voor verpakkingslijnen waarbij een grote variatie in de lijn kan zijn, zoals bijvoorbeeld opgemerkt werd in PM2-lijn van de papier- en kartonproducent. Dergelijk additioneel onderzoek is alleen waardevol indien het wordt uitgevoerd bij een technologie die daadwerkelijk voor mitigatie toegepast wordt of gaat worden (zie conclusies n.a.v. raamwerk).

Minerale-olie-analyses worden op verschillende manieren uitgevoerd, en deze staan ter discussie (Thoden van Velzen et al., 2018). In dit onderzoek is zowel informatie uit nieuwe experimenten als uit de literatuur geëvalueerd. Het is derhalve mogelijk dat er, als gevolg van toepassing van verschillende minerale-olie-analysemethoden, het verschil in de uitkomsten veroorzaakt is door verschil in meetmethode en niet door variatie van gehalten in de verpakking. Aangezien de gevonden informatie ten aanzien van effect op de minerale olie in lijn is met elkaar, wordt ervan uitgegaan dat dit voor dit onderzoek geen grote invloed heeft gehad.

De effectiviteit van een technologie is mogelijk ook afhankelijk van de mate en/of de aard van de minerale-oliecontaminatie van de verpakking. Dit is in dit verkennende onderzoek niet onderzocht.

Verpakking versus voeding

In dit onderzoek is alleen gekeken naar de bijdrage van minerale oliën uit verpakkingen. Ook al zijn de maatregelen 100% effectief, dan nog zijn er andere bronnen van minerale olie in voeding. Derhalve kan ook bij opvolging van de adviezen uit dit onderzoek het probleem niet volledig opgelost worden. Met mitigatiemaatregelen in de verpakking wordt echter naar verwachting een grote stap gemaakt in de reductie van met name MOAH in voeding. Reductie van MOAH wordt vanuit voedselveiligheidsperspectief namelijk als zeer wenselijk beschouwd, aangezien het potentieel genotoxische verbindingen zijn (Thoden van Velzen et al., 2018).

7.3 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van dit verkennende onderzoek kan het volgende worden geconcludeerd:

- Op korte termijn hebben technologieën ter reductie van minerale olie in voedselverpakkingen uit gerecycled OPK of van de migratie van minerale olie vanuit die verpakkingen meer impact dan het toepassen van schonere inktten in drukwerk;
- Ook al bereikt het pas voldoende impact op langere termijn, toch is toepassing van schonere inktten in plaats van traditionele inktten, die een bron van MOSH en MOAH vormen, wenselijk (aangezien de concentraties van MOAH zo laag als mogelijk moeten worden gehouden vanwege hun mogelijke genotoxiciteit (ALARA principe);
- Van de onderzochte technologieën zijn er twee al in gebruik (MB12 en flotatie), twee in ontwikkeling (sCO₂ en thermische behandeling) en twee aanwezig als conceptueel idee (ATCs en gefunctionaliseerde klei);
- Alle technologieën waarvan de effectiviteit ter verwijdering/fixatie van minerale olie kon worden onderzocht (MB12, flotatie, sCO₂ en thermische behandeling), zijn in staat om >70% (oplopend tot 99%) minerale olie te elimineren dan wel te fixeren in het onderzochte verpakkingsmateriaal;
- Deze technologieën bieden derhalve perspectief in het kader van minerale-olieproblematiek ;
- Van deze technologieën is er geen die optimaal scoort op zowel voedselveiligheid als duurzaamheid en kosten/haalbaarheid;

- sCO₂ lijkt vanuit voedselveiligheidsaspectief de grootste potentie te hebben aangezien het >90%-99% van de minerale olie kan verwijderen, maar gaat in eindscore als gevolg van benodigde energie, investeringskosten en haalbaarheidsaspecten relatief omlaag;
- Bij integrale afweging van alle aspecten lijkt toepassing van het gepatenteerde MB12 op dit moment de beste optie, mits deze technologie ook door andere partijen toegepast mag worden;
- Er zijn andere bronnen van minerale olie in voeding dan verpakkingen. Maatregelen ter reductie van migrerende minerale oliën vanuit verpakkingen zullen derhalve nooit 100% effectief zijn voor het voorkomen van minerale olie in voeding.
- Echter met mitigatiemaatregelen in verpakkingen wordt naar verwachting een grote stap gemaakt in de reductie van MOAH in voeding. Vanuit voedselveiligheidsaspectief moet de hoogste prioriteit gegeven aan vermindering van MOAH gezien hun potentieel genotoxische eigenschappen, waarvoor het ALARA principe geldt;
- Derhalve zijn de mitigatiemaatregelen zeer wenselijk;
- De potentie van de technologieën kan mogelijk verbeterd worden (zie aanbevelingen);
- Aan de hand van de raamwerkevaluatie is een goed overzicht verkregen van de voor- en nadelen van de nu beschikbare technologieën. Op basis hiervan kunnen bepaalde technologieën op zekere aspecten verbeterd worden, waarna de beoordeling aangepast kan worden en de balans opnieuw opgemaakt;
- Op basis van de CoMSAS-analyses kan geconcludeerd worden dat toepassen van CoMSAS efficiënter en sneller is dan de traditionele stofspectifieke aanpak;
- Een verkennend onderzoek met CoMSAS liet geen migratie uit met MB12 of flotatie behandelde producten zien die veilige niveaus overschreed.

Aanbevelingen

In dit verkennende onderzoek zijn verschillende opties op zich en ten opzichte van elkaar beoordeeld. De minerale-olieproblematiek is een gevolg van meerdere bronnen en factoren. Derhalve hoeft de ene oplossing de andere niet uit te sluiten en wordt aanbevolen om, **daar waar mogelijk en relatief makkelijk, maatregelen te treffen**. Niet alle mogelijke oplossingen zijn in dit verkennend onderzoek meegenomen. Derhalve is de belangrijkste aanbeveling:

- Pas **het ontwikkelde raamwerk ook toe op een andere mitigatiemaatregel: het gebruik van deklagen**. Dit kan mogelijk op korte termijn oplossingen bieden. Op deze wijze kan weloverwogen besloten worden welke maatregelen de meest potentie hebben voor dit vraagstuk, en eventueel welke aanpassingen of welk vervolgonderzoek verder nog nodig zijn.

Meerdere partijen zijn betrokken bij de verschillende mogelijke oplossingen. Daarom zijn de overige aanbevelingen geordend naar de (belangrijkste) betrokken partijen die ze zouden moeten uitvoeren.

Voor de OPK-industrie

- Zet een **licentiemodel** op voor de toepassing van MB12
- Ontwikkel **ontassing** van MB12-bevattend OPK verder om het mogelijke effect van de aanwezigheid van MB12 met gebonden minerale olie op de ketenveiligheid te verkleinen.
- Onderzoek en monitor of MB12-gefixeerde minerale olie **te allen tijde gebonden in de verpakkingsmatrix** blijft.

- **Optimaliseer de sCO₂-technologie** dusdanig dat het de productie-efficiëntie niet nadelig beïnvloedt en minder investeringskosten vraagt.
- Pas het sCO₂-proces aan zodat de benodigde **energie op duurzame wijze kan worden verkregen en hergebruikt**.

Voor zowel flotatie als thermische behandeling worden op basis van de huidige kennis de nadelen met betrekking tot met name duurzaamheid en kosten te groot ingeschat om voor deze technologieën aanbevelingen te doen ter optimalisatie ten behoeve van de minerale-olieproblematiek.

Voor de inkt- en drukindustrie

- Pas schonere inkten toen en waar nodig ontwikkel ze verder voor meerdere druktechnieken, met name die plantaardige inkten behoeven.

Voor de voedingsindustrie

- Onderzoek **mitigatiemaatregelen** voor **andere bronnen van contaminatie van voeding met minerale olie** dan OPK, waarbij vanuit voedselveiligheids-perspectief voorrang gegeven dient te worden aan bronnen van MOAH.

Voor KIDV en andere onderzoeksinstellingen

- **Combineer kennis en technologie** om met nieuwe ideeën te komen om het minerale-olieprobleem aan te pakken.
- Breid de **CoMSAS-analyses** voor MB12 uit met meerdere monsters om inzicht te krijgen in de representativiteit van de experimentele bevindingen en evalueer de veiligheid van **alle nieuwe/verhoogde stoffen**, ook van de stoffen die niet geïdentificeerd konden worden.
- Exploreer **of** ATCs en gefunctionaliseerde klei **effectief zijn in de fixatie van minerale olie in de verpakkingsmatrix en in welke mate**. Pas als ze >90% van de minerale olie fixeren, deze opties verder onderzoeken en ontwikkelen, aangezien deze anders hoogstwaarschijnlijk niet opwegen tegen MB12 dan wel sCO₂.

8 Referenties

- Bassan, A., Fioravanzo, E., Pavan, M., & Stocchero, M. (2011). Scientific report submitted to EFSA on Applicability of physicochemical data, QSARs and read-across in Threshold of Toxicological Concern assessment, (June 2011), 1–745.
- Beneventi, D., Hannuksela, T., Rosencrance, S., Technique, C., Universitaire, D., & Oyj, K. (2007). Assessment of deinking chemistry performance: from laboratory flotation tests to the simulation of an industrial pre-flotation line.
- EFSA. (2012). Scientific Opinion on Mineral Oil Hydrocarbons in Food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). *EFSA Journal* (Vol. 10).
- EuPIA. (n.d.). Statement: Food Packaging made from Recycled Paper and Board.
- European Flexographic Technical Association. (2013). Over Flexo. Retrieved December 19, 2017, from <https://www.efta.nl/over-flexo/>
- Ewald, C., & Kersten, A. (2014). Mineralölentfrachtung von Altpapierstoffen durch thermisch-mechanische Maßnahmen. Darmstadt.
- Ewald, C., Kersten, A., & Schabel, S. (2016). Removal of mineral all during recovered paper processing, *15*(1), 41–48.
- Green4Print. (2017). *Green4Print, mondelinge en schriftelijke communicatie in kader van dit onderzoek*.
- International Life Sciences Institute (ILSI). (2015). Guidance on best practices on the risk assessment of non intentional added substances (NIAS) in food contact materials and articles. *ILSI Europe Report Series*.
- Kenniscentrum InfoMil. (n.d.). Grafische processen. Retrieved December 19, 2017, from <https://www.infomil.nl/onderwerpen/integrale/activiteitenbesluit/activiteiten/grafische-processen/>
- Kersten, A., Putz, H.-J., & Schabel, S. (2017). Avoidance of mineral oil migration from recycled packaging paper and board -possibilities and limitations. In *Conference paper* (Vol. 2, pp. 902–915).
- Koster, S., Leeman, W., Verheij, E., Dutman, E., van Stee, L., Nielsen, L. M., ... Krul, L. (2015). A novel safety assessment strategy applied to non-selective extracts. *Food and Chemical Toxicology*, *80*, 163–181.
- Koster, S., Rennen, M., Leeman, W., Houben, G., Muilwijk, B., van Acker, F., & Krul, L. (2014). A novel safety assessment strategy for non-intentionally added substances (NIAS) in carton food contact materials. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, *31*(3), 422–443.
- Kroes, R., Renwick, A. G., Cheeseman, M., Kleiner, J., Mangelsdorf, I., Piersma, A., ... Würtzen, G. (2004). Structure-based thresholds of toxicological concern (TTC): Guidance for application to substances present at low levels in the diet. *Food and Chemical Toxicology*, *42*(1), 65–83.
- Krul, L., Koster, S., Rennen, M., Leeman, W., & Houben, G. (2014). Non-intentionally added substances: Approaches for prioritisation. *Toxicology Letters*, *229*(2014), S34.
- Maisanaba, S., Pichardo, S., Puerto, M., Gutiérrez-praena, D., & Cameán, A. M.

- (2015). Toxicological evaluation of clay minerals and derived nanocomposites: A review, *138*, 233–254.
- OECD. (2017). Organoclays REACH Consortium. Retrieved November 1, 2017, from <http://www.linmarkconsulting.com/organoclaysconsortium/>
- Papierpraat. (n.d.). Ontinkten en reinigen factsheet. Retrieved March 1, 2017, from <http://www.papierpraat.nl/woordenboek/ontinkten-en-reinigen-factsheet/?searchterm=edta>
- Rennen, M. A. J., Koster, S., Krul, C. A. M., & Houben, G. F. (2011). Application of the threshold of toxicological concern (TTC) concept to the safety assessment of chemically complex food matrices. *Food and Chemical Toxicology*, *49*(4), 933–940.
- Robert, T. (2015). “green ink in all colors” - Printing ink from renewable resources. *Progress in Organic Coatings*, *78*, 287–292.
- Robertson, G. L. (2016). *Food Packaging: Principles and Practice* (3rd ed.). CRC Press.
- Runte, S., Kersten, A. (2016). Removal of mineral oils from paper for recycling – extraction with supercritical carbon dioxide. *Chemical Technology*, *13*/1, 46–50.
- Shaikh, S. M. R., Nasser, M. S., Hussein, I., Benamor, A., & Onaizi, S. A. (2017). Influence of polyelectrolytes and other polymer complexes on the flocculation and rheological behaviors of clay minerals : A comprehensive review. *Separation and Purification Technology*, *187*, 137–161.
- Shen, J. F., Service, U. F., & Springer, A. M. (1995). The Influence of Clay Addition on Flotation Deinking, 257–267.
- Smurfit Kappa. (n.d.). MB12: Packaging technology developed by Smurfit Kappa is proven to protect food from mineral oils. Retrieved from <http://www.smurfitkappa.com/vhome/com/products/pages/catcher-board-mb12.aspx>
- Thoden van Velzen, E., Leeman, W., & Krul, L. (2018). Levensmiddelenverpakkingen gemaakt van oud-papier en karton: migratie van minerale oliën.
- VVVF. (2017). *VVVF, mondelinge en schriftelijke communicatie in kader van dit onderzoek*.
- WPT. (n.d.). EN643 Europese Standaard Soortenlijst Oud-Papier. Retrieved December 1, 2017, from <https://www.wpt-nl.com/en643-soortenlijst-oud-papier/>

9 Ondertekening

Zeist, oktober 2018

TNO



M.A.J. Rennen
Research Manager



H.E. Buist
Auteur

A Evaluatie MB12

De MB12 technologie is gepatenteerd door Smurfit Kappa. De informatie die door Smurfit Kappa is gegeven dient daarom als uitgangspunt²⁰. Waar mogelijk is deze informatie aangevuld met informatie uit de literatuur. Daarnaast zijn er minerale olie- en CoMSAS analyses uitgevoerd met door Smurfit Kappa aangeleverd vouwkarton: een monster met MB12 behandeld en een monster zonder.

Productveiligheid

Toxiciteit

MB12

Volgens opgave van Smurfit Kappa bevat MB12 actief kool als hoofdbestanddeel (Smurfit Kappa, 2017). Eventuele andere bestanddelen zijn niet bekend gemaakt. In dit onderzoek zijn met MB12 experimentele analyses uitgevoerd. Deze analyses maken inzichtelijk of er door de toepassing van de MB12-technologie er nieuwe of verhoogde concentraties van stoffen vanuit het verpakkingsmateriaal kunnen migreren. Eventuele andere bestanddelen die aanwezig zijn en migreren, kunnen door middel van deze analyses gedetecteerd worden.

Een zoektocht via een wetenschappelijk database (Scopus) (query: ("active carbon" OR "actieve kool") AND "toxic*") levert voornamelijk resultaten op over hoe actieve kool gebruikt kan worden voor het zuiveren van vervuild water²¹.

De ADI van actieve kool is volgens een evaluatie van de Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA): "not limited" (JECFA, 1987). Deze classificatie wordt gebruikt voor stoffen met een zeer lage toxiciteit²².

De EU database van voedselcontactmaterialen²³ vermeldt geen SML-waarde opgesteld voor actieve kool.

Actieve kool wordt gebruikt als medicijn tegen diarree (Norit). Op de Engelse website drugs.com²⁴ is een beschrijving te vinden van Norit 200 MG capsules. Uit

²⁰ Informatie is verkregen bij Wil Tieltjes werkzaam als Manager Optimaliseren Verpakkingen bij Smurfit Kappa

²¹ Zie bijvoorbeeld: Kadirvelu, K., Thamaraiselvi, K., & Namasivayam, C. (2001). Removal of heavy metals from industrial wastewaters by adsorption onto activated carbon prepared from an agricultural solid waste. *Bioresource technology*, 76(1), 63-65.

²² "An ADI without an explicit indication of the upper limit of intake ("ADI not specified") may be assigned to substances of very low toxicity, especially those that are food constituents or that may be considered as foods or normal metabolites in man. The expression "ADI not specified" has been adopted by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives at its Eighteenth session as a more suitable expression than "ADI not limited" previously used". Referentie: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v08je01.htm>

²³ https://webgate.ec.europa.eu/foods_system/main/?event=display

²⁴ <https://www.drugs.com/uk/norit-200mg-leaflet.html>

de beschrijving blijkt dat elke Norit capsule 200 milligram actieve kool bevat. Daarnaast wordt aangeraden om drie tot vier capsules in te nemen, met een maximum van twaalf capsules per dag (= 2,4 gram actief kool).

Beoordeling: veiligheidsclassificatie 1, Uit bovenstaande informatie blijkt dat het niet mogelijk is om een limietwaarde van actieve kool te beschrijven, maar gezien de toepassingen en met name ervaringen op basis van historisch gebruik en de toegewezen ADI-classificatie "not limited" kan in het algemeen aangenomen worden dat de toxiciteit van actief kool zeer laag is.

Blootstelling en risicobeoordeling productveiligheid

Het principe achter het toevoegen van MB12 aan het verpakkingsmateriaal is volgens Smurfit Kappa dat minerale olie zich bindt aan actief kool en daarmee gefixeerd wordt in het verpakkingsmateriaal (Smurfit Kappa, 2017). Het analytische onderzoek in het kader van dit project is uitgevoerd met twee kartonmonsters aangeleverd door Smurfit Kappa: 'standaard karton' en 'MB12 karton'. De methoden van dit analyseonderzoek zijn omschreven in bijlage B van dit rapport. De analyseresultaten van dit TNO onderzoek worden op verzoek van Smurfit Kappa niet openbaar gemaakt aangezien dit detailinformatie bevat. De bevindingen over deze analyses zijn echter volledig overgenomen in deze openbare rapportage. Het doel van het analytische onderzoek was in eerste instantie de bepaling van het effect van MB12 in karton op de migratie van MOSH/MOAH en in tweede instantie informatie te verkrijgen of het gebruik van MB12 leidt tot introductie van stoffen die migreren naar voeding dan wel leidt tot verhoogde migratie van bepaalde stoffen. Hier worden de verkregen resultaten nader geëvalueerd in het kader van productveiligheid.

Migrerende stoffen

Op basis van de analyseresultaten die uitgevoerd zijn met de 2 genoemde monsters kan geconcludeerd worden dat er:

- 15 nieuwe/verhoogde stoffen op basis van de migratietest worden aangetroffen, waarvan er 14 konden worden geïdentificeerd;
- 6 nieuwe/verhoogde stoffen gemeten zijn met LC-MS van de migratie-extracten.

Deze stoffen konden niet gekwantificeerd en geïdentificeerd worden binnen het huidige verkennende onderzoek;

- 3 nieuwe/verhoogde stoffen gemeten zijn in de headspace GC-MS analyse, die allen geïdentificeerd konden worden. Dit zegt iets over stoffen aanwezig in het karton en niet over de migratie.

Op basis van de resultaten is onderzocht of de CoMSAS beoordelingssystematiek van waarde is in dit vraagstuk. De CoMSAS methodiek is ontwikkeld voor complexe mengsels waarbij er blootstelling aan veel stoffen in kleine hoeveelheden plaatsvindt. Om te beslissen of CoMSAS een geschikte methode is, is het belangrijk om de pieken in de chromatogrammen te vertalen naar een worst case blootstelling, waarna deze hoeveelheden vergeleken kunnen worden met de 'exposure threshold' (blootstellingsdrempel) van 90 µg/dag. In bijlage B zijn de toegepaste analysemethoden omschreven. Indien het merendeel van de (nieuwe/verhoogde) pieken onder de exposure threshold blijven, is CoMSAS een

passende beoordelingsmethode. Op basis van de resultaten kan geconcludeerd worden dat met CoMSAS:

- door het uitvoeren van stap 1 een duidelijk beeld ontstaat van de nieuwe/verhoogde pieken;
- het mogelijk is om de pieken te kwantificeren²⁵ en te relateren aan de 'exposure threshold';
- het piekenpatroon laat zien dat het overgrote merendeel van de pieken onder de 90 µg/dag ligt, waarmee CoMSAS een pragmatische aanpak is.

Op de bruikbaarheid van CoMSAS in dit vraagstuk wordt nader ingegaan in de discussie. Ten behoeve van de veiligheidsbeoordeling zijn de stoffen waarvan de identiteit en de hoeveelheid bekend zijn, geëvalueerd aan de hand van het TTC principe, de blootstelling via andere (voedings)routes en relevante genotoxische-carcinogeniteitsinformatie.

In de voedselsimulant Tenax zijn 14 chemische stoffen geïdentificeerd die in hogere concentraties voorkomen bij toepassing van deze methode om MOSH/MOAH te reduceren en drie in de "headspace" (zie tabel A-1). Alle stoffen geïdentificeerd in de Tenax waren aanwezig in concentraties die ver onder het 90 µg Cramer klasse III innameniveau (exposure threshold CoMSAS) lagen, onder aanname van een consumptie van 300 g voedsel, verpakt in het betreffende karton, per dag. Voor de drie stoffen geïdentificeerd in de "headspace" is aangenomen dat de totale hoeveelheid die berekend was aanwezig te zijn in de standaard 6 dm² kartonnen voedselverpakkingsmateriaal, dat een soortelijk gewicht heeft van 350 g/m², migreert naar 1 kg voedsel. Als ook in dit geval een dagelijkse consumptie van 300 g voedsel verpakt in het betreffende karton wordt aangenomen, is ook de inname van deze stoffen ver beneden het Cramer klasse III niveau. Op basis van hun chemische structuur worden de vier rechtketenige aldehyden heptanal, octanal, nonanal en decanal voorspeld genotoxische carcinogenen te zijn, terwijl alle andere stoffen voorspeld worden dit niet te zijn. Deze stoffen worden allen geclassificeerd als laag-toxisch (corresponderend met Cramer klasse I), behalve benzeen en toluen die worden geclassificeerd als Cramer klasse III. Gebaseerd op deze voorspellingen op basis van chemische structuur en de veronderstelde blootstellingsscenario's, zou geen van de dertien "niet-carcinogenen" een gezondheidsrisico vormen, terwijl de vier stoffen met een alert voor genotoxische kankerverwekkendheid wel een dergelijk risico zouden kunnen vormen of tenminste niet in voedsel aanwezig zouden moeten zijn als dit vermeden kan worden. Overigens is uit consultatie van de online databases HSDB en CCRIS gebleken dat voor drie van deze aldehyden Ames-tests zijn uitgevoerd die allen negatief (d.w.z. geen aantoonbaar mutageen effect) waren. Van één aldehyde, nonanal, zijn ook *in vitro* genetische toxiciteitstesten beschreven met zoogdiercellen, waarbij de test met muizencellen eerst negatief werd beoordeeld en bij herevaluatie onbeslist was, en die met Chinese-hamstercellen positief (d.w.z. dat er een mutageen effect werd waargenomen). Kortom, de genotoxische eigenschappen van deze aldehyden zijn

²⁵ Bij LC-MS kan dit alleen in combinatie met ELSD. LC-MS op zich geeft echter beter informatie over nieuw gevormde pieken. Om die reden is voor nu voor LC-MS alleen gekozen.

nog niet éénduidig vastgesteld, en vermoedelijk, als ze al bestaan, zwak te noemen.

Tabel A-1 Geïdentificeerde nieuwe chemische stoffen of aanwezig in hogere concentraties en hun TTC classificaties

Chemische stof	Geïdentificeerd in	Cramer klasse	Structuuralarm voor	
			genotoxische kankerverwekkendheid	niet-genotoxische kankerverwekkendheid
Heptanal	Tenax	Laag (klasse I)	JA	NEE
Octanal	Tenax	Laag (klasse I)	JA	NEE
Nonanal	Tenax	Laag (klasse I)	JA	NEE
Decanal	Tenax	Laag (klasse I)	JA	NEE
2-nonenal	Tenax	Laag (klasse I)	NEE	NEE
2-decenal	Tenax	Laag (klasse I)	NEE	NEE
2-undecenal	Tenax	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Heptanol	Tenax	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Octanol	Tenax	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Pentaanzuur	Tenax	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Hexaanzuur	Tenax	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Heptaanzuur	Tenax	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Octaanzuur	Tenax	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Nonaanzuur	Tenax	Laag (klasse I)	NEE	NEE
benzeen	"Headspace"	Hoog (klasse III)	NEE	NEE
tolueen	"Headspace"	Hoog (klasse III)	NEE	NEE
heptaan	"Headspace"	Laag (klasse I)	NEE	NEE

Echter, deze conclusie moet op de volgende punten genuanceerd worden:

1. In veel soorten voedsel zijn de vier aldehyden wijdverbreid aanwezig in concentraties die kunnen oplopen tot enige duizenden milligrammen per kg, wat ver boven het Cramer klasse III TTC -niveau is. De toxiciteit van aldehyden is gebaseerd op hun chemische reactiviteit, hetwelk toeneemt met afnemende ketenlengte. De kankerverwekkendheid van het kortste aldehyde, formaldehyde, is een fenomeen dat slechts bij hoge concentraties optreedt (Feron et al. 1991). Daarom is het onwaarschijnlijk dat de concentraties aldehyden aangetroffen in de Tenax tot gezondheidsrisico's zullen leiden.
2. De IARC classificeert benzeen als kankerverwekkend in de mens, vermoedelijk via een genotoxisch mechanisme dat leidt tot chromosoomschade (IARC, 2012). Het nauwverwante tolueen is niet classificeerbaar met betrekking tot eventuele kankerverwekkendheid in de mens, maar dierproeven laten in eniger mate bewijs zien dat deze stof niet kankerverwekkend is (IARC, 1999). De WHO heeft berekend dat de achtergrondblootstelling aan benzeen via het dieet 180 µg/dag, bij een totale blootstelling (voor niet-rokers) van 200-450 µg/dag. Indien de totale hoeveelheid benzeen aanwezig in het karton zou migreren naar het verpakte voedsel, is de additionele inname van benzeen slechts 3,2 µg/dag, als

wordt aangenomen dat 300 g voedsel verpakt in het betreffende karton wordt geconsumeerd. Op grond van bovenstaande vormt de aanwezigheid van benzeen een verwaarloosbaar additioneel gezondheidsrisico vormen.

Voor de stoffen die geïdentificeerd konden worden kan geconcludeerd worden dat niet verwacht wordt dat deze substantiële (additionele) gezondheidsrisico's op zullen leveren. Echter er zijn 7 verbindingen die binnen dit verkennende onderzoek niet beoordeeld konden worden. Diepgaander analytisch onderzoek dan wel uitvoering van stap 2 en 3 van CoMSAS kunnen hiervoor gedaan worden. Echter aangezien dit niet binnen het verkennende onderzoek past, en gezien het feit dat slechts 2 monsters geanalyseerd zijn, wat niet als representatief kan worden geacht voor overall productveiligheid, is dit nu niet uitgevoerd.

De analyseresultaten laten ook zien dat door toepassing van MB12 veel pieken verdwijnen. Echter aangezien dit niet tot het doel van het onderzoek behoort, zijn de stoffen die verdwijnen niet nader geïdentificeerd.

Reductie MOSH/MOAH

Literatuurinformatie

In 2015 is er een zogenaamde "storage test" uitgevoerd met drie verschillende kartons die gecoat waren met een barrière tegen migratie van minerale oliën, en één karton dat behandeld was met actieve kool (Lommatzsch et al., 2016). Een jaar lang werden diverse vouwdozen, gevuld met droog voedsel, gemonitord op migratie van minerale oliën. De resultaten lieten zien dat er geen aantoonbare migratie plaatsvond (<0.1 mg/kg) voor verpakkingen die actief kool bevatten. De auteurs concludeerden dat actieve kool in karton migratie vanuit dat karton tegenging. Wel werd ook benoemd dat mogelijk het adsorptiemiddel (= de actieve kool) verzadigd kan raken met stoffen die naar het karton migreren vanuit het verpakte voedsel, wat kan leiden tot het vrijlaten van andere, mogelijk schadelijke stoffen uit het gerecyclede karton. Hier zou onderzoek naar verricht moeten worden. Smurfit Kappa geeft aan dat de adsorptiegrens hun bekend is, en dat er voldoende actieve kool wordt toegevoegd om verzadiging te voorkomen (Smurfit Kappa, 2017). In de publicatie van Lommatzsch wordt niet aangegeven of het onderzochte karton dat behandeld is met actieve kool door Smurfit Kappa is aangeleverd.

Resultaten analyseonderzoek

Naast bovenstaande informatie is in het huidige onderzoek de effectiviteit voor het tegengaan van migratie van minerale olie analytisch onderzocht. Op basis van deze resultaten kan geconcludeerd worden dat de migratie van MOSH/MOAH uit het MB12 behandelde karton sterk gereduceerd is vergeleken met het standaardkarton. De totale reductie van de hoeveelheid MOSH/MOAH die uit karton migreert is 78%. Uitgesplitst naar MOSH en MOAH is de reductie respectievelijk 74% en 85%.

In het algemeen dient opgemerkt te worden dat, aangezien de analyses op twee monsters zijn uitgevoerd, er weliswaar een beeld wordt gegeven van de potentie van MB12, maar dat voor een representatief beeld meerdere analyses nodig zijn. Nu is er op het gebied van de effectiviteit van het tegengaan van MOSH/MOAH-migratie meer informatie bekend dan enkel deze analysegegevens. Op basis

daarvan kan geconcludeerd worden dat de effectiviteit van het voorkomen van migratie van minerale olie door incorporatie van MB12 in het karton is aangetoond. De mate van effectiviteit verschilt in deze onderzoeken. Dit kan veroorzaakt worden door meerdere variabelen, maar het wordt op basis van deze gegevens verondersteld dat MB12 een aanzienlijk deel (>75%) van de MOSH/MOAH fixeert.

Beoordeling: +, op basis van de huidige kennis: de analyses laten zien dat bij karton dat behandeld is met MB12 er beduidend minder minerale olie migreert naar voeding (reductie 78%). MB12 draagt daarom bij aan de reductie van minerale olie in het bewuste verpakte voedingsmiddel. Er worden nieuwe verbindingen aangetroffen in de geanalyseerde monsters. De stoffen (merendeel) die geïdentificeerd konden worden leveren echter geen substantieel (additioneel) gezondheidsrisico op.

Ketenveiligheid

Indien MB12 in grote mate gebruikt wordt en het karton in de recyclingstroom komt, kan dit ervoor zorgen dat de hoeveelheid MB12 gebonden minerale olie toeneemt in de OPK stroom. Volgens informatie van Smurfit Kappa zal 70% van het MB12 (gebonden minerale olie) in het recyclingproces door wassen verwijderd worden (Smurfit Kappa, 2017). Circa 30% blijft naar verwachting achter in het product. Op dit moment is het onduidelijk in hoeverre de minerale olie ten allen tijde aan MB12 gebonden zal blijven. Dit kan dus, ondanks dat 70% verdwijnt door middel van wassen, uiteindelijk leiden tot meer (gebonden) minerale olie in de keten als MB12 veelvuldig wordt toegepast.

In een volgende recyclingronde zal de MB12 technologie daarom opnieuw toegepast moeten worden voor het beoogde effect. Gezien het patent op MB12 en de internationale OPK stroom die via veel partijen gaat, is het echter reëel dat MB12 (gebonden minerale olie) via de OPK stroom ook bij andere partijen komt.

Beoordeling: -, Opgemerkt dient te worden dat Smurfit Kappa werkt aan een oplossing voor de opbouw van MB12 (gebonden minerale olie) in de OPK stroom waarbij gedacht wordt aan ontassing. Actief kool zou op deze wijze, samen met de aanwezige vulstoffen, uit de OPK stroom kunnen worden gehaald.

Duurzaamheid

Materiaalbehoud

Bij gebruik van de MB12 technologie zal het papieren product volgens Smurfit Kappa alle functionaliteiten behouden. Er is geen extra verlies in het aantal vezels of vulstoffen als gevolg van toepassing MB12 technologie. Daaraan moet wel worden toegevoegd dat er ophoping plaatsvindt van zowel het actieve kool als minerale olie als gevolg van fixatie van de minerale olie in het verpakkingsmateriaal. Dit aspect is echter reeds behandeld en beoordeeld onder 1.3.

Beoordeling: 0, geen invloed op verlies vezels en vulstoffen op basis waarvan verondersteld wordt dat MB12 behandeld OPK net zo goed/vaak gerecycleerd kan worden als onbehandeld OPK.

Additionele energiebronnen

Er is geen extra processtap nodig bij het gebruik van de MB12 technologie. Apparatuur wordt gebruikt voor het doseren van de MB12, maar het bijkomend energieverbruik in relatie tot het gehele energieverbruik in het proces is verwaarloosbaar klein volgens opgave van Smurfit Kappa. Daarnaast is geconstateerd door Smurfit Kappa dat papier/karton met MB12 sneller droogt dan papier/karton zonder MB12, wat deze additionele stap energieneutraal maakt. Volgens opgave van Smurfit Kappa heeft het actief kool dat wordt toegepast een FSC logo en is afkomstig van een duurzame bron.

Beoordeling: 0, energieneutraal

Afval stromen

Volgens Smurfit Kappa is er bij het toepassen van de MB12 technologie geen nieuwe/andere afvalstroom. Aangezien de marktvraag naar MB12 nog beperkt is, is volgens informatie van Smurfit Kappa de baanbenutting momenteel nog niet altijd optimaal waardoor er wat meer restmateriaal geproduceerd wordt. Dit aspect wordt echter beoordeeld bij 3.2.1 Efficiëntie productie.

Beoordeling: 0, geen andere/nieuwe afvalstroom

Haalbaarheid en kosten

Kosten

De kosten die additioneel zijn bij introductie en gebruik van de MB12 technologie betreffen volgens Smurfit Kappa de kosten voor doseerapparatuur, een voorraadsilo en de kwaliteitscontrole. Daarnaast zijn er kosten voor inkoop van het actief kool. Smurfit Kappa wil uit concurrentieoverwegingen de kosten niet communiceren.

Beoordeling: niet mogelijk

Haalbaarheid

De parameter haalbaarheid is opgesplitst in diverse subcategorieën die allen gericht zijn op de haalbaarheid van de recycling technologie.

Efficiëntie productie

MB12 is een relatief nieuwe technologie waarvoor de marktvraag op dit moment nog beperkt is. Als gevolg daarvan is de baanbenutting niet altijd optimaal. Naarmate de afname van MB12 behandeld karton toeneemt, zal volgens Smurfit Kappa de hoeveelheid restmateriaal afnemen.

Belangrijk is dat het actieve kool homogeen verdeeld is in het papier. Volgens Smurfit Kappa kan dit gecontroleerd worden door de dosering met een kleurmeting te checken tijdens productie. Daarnaast worden van elke productie monsters onderzocht door middel van migratieonderzoek.

Beoordeling: - voor de huidige situatie. Echter als MB12 op grote schaal wordt toegepast, dan is de beoordeling **een 0** aangezien verwacht wordt dat restmateriaal dan vergelijkbaar zal zijn met het reguliere productieproces.

Implementeerbaarheid

De MB12 technologie is redelijk makkelijk te implementeren; er is geen diepte investering nodig wat betreft de aanschaf van nieuwe apparatuur of het aanpassen van recyclingprocessen (zie 3.1). Wel is het belangrijk om mee te nemen dat de MB12 technologie gepatenteerd is en dus momenteel niet kan worden toegepast door andere partijen dan Smurfit Kappa. Het is niet duidelijk wanneer andere recyclers de technologie kunnen overnemen en onder welke voorwaarden. Om deze reden wordt dit op dit aspect vooralsnog met een - score beoordeeld.

Beoordeling: -

TRL niveau

Het TRL niveau van de MB12 technologie is beoordeeld op het hoogste niveau (9) aangezien de technologie momenteel al jaren succesvol wordt toegepast door Smurfit Kappa.

Beoordeling: ++

Kwaliteit eindproduct

Volgens Smurfit Kappa is MB12 papier goed te recyclen. Er treedt geen verlies op van vezels en het papier behoudt al zijn functionaliteiten. Uit een rapport van (Eurofins, 2015) blijkt dat zes controleurs het product onderzocht hebben (middels de volgende testen: DIN EN 1230-1/ DIN EN 1230-2/ PV 00902/ PV 00903/ Migratie). De conclusie van het rapport was dat er geen merkbare verschillen in geur of smaak zijn voor producten die verpakt zijn in materiaal behandeld met de MB12 technologie

Beoordeling: +

Referenties

Eurofins. (2015). Prüfbericht Consumer Product Testing.

IARC. (1999). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks To Humans. Re-Evaluation of Some Organic Chemicals Hydrazine and Hydrogen Peroxide, 71, 319–335.

IARC. (2012). *Benzene*. IARC MONOGRAPHS - 100F.

JEFCA. (1987). Activated Carbon. Retrieved from <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=803>

Lommatzsch, M., Richter, L., Biedermann, S., Biedermann, M., Grob, K., & Simat, T. J. (2016). Functional barriers or adsorbent to reduce the migration of mineral oil hydrocarbons from recycled board into dry food. *European Food Research and Technology*, 242(10), 1727–1733.

Smurfit Kappa. (2017). *Smurfit Kappa, mondelinge en schriftelijke communicatie in kader van dit onderzoek*.

B Beschrijving analysemethode MB12

Samengevat is het volgende uitgevoerd:

- Migratietest volgens standaardprotocol met Tenax als voedselsimulant
- Extracten van Tenax uit de migratietest zijn geanalyseerd op:
 - o MOSH/MOAH met GC-FID (enkelvoud)
 - o NIAS met GC-MS met AT5 en AT1000 kolom (drievoud)
 - o NIAS met LC-MS positieve en negatieve polariteit (drievoud)
- Headspace GC-MS voor de bepaling van verbindingen die bij verwarming vrijkomen uit karton (drievoud)

Er is gebruik gemaakt van een interne standaard om de meetresultaten uit de migratietest kwantitatief te kunnen relateren aan een dagelijkse inname van een stof van 90 µg/dag bij de consumptie van voeding. Dit is ook gedaan bij de andere analyses, headspace en dichloormethaanextracten, om indien gewenst, pieken te kunnen kwantificeren (schatting).

De evaluatie van eventuele introductie van nieuwe verbindingen is visueel gedaan door de totaal ionen stroom chromatogrammen (TIC) te vergelijken. Dit geeft alleen informatie over verbindingen die in relatief grote hoeveelheden aanwezig. In de figuren zijn met pijlen pieken aangegeven die nieuw of sterk verhoogd zijn t.o.v. oud papier. Als een nieuwe of verhoogde piek in het eindproduct, papier of karton, nog aanwezig is dan is getracht deze te identificeren door het massaspectrum te vergelijken met de NIST spectrabibliotheek. In de figuren zijn deze pieken, indien een goede match met de bibliotheek is gevonden, voorzien van de naam van de verbinding. De identificaties zijn niet geverifieerd middels metingen van referenties.

C Evaluatie flotatie

Flotatie kan op veel manieren worden toegepast. Door middel van een literatuurinventarisatie is zoveel mogelijk kennis vergaard over de middelen en procescondities die worden toegepast teneinde het raamwerk in te invullen. Aanvullend heeft TNO met een papier- en kartonproducent en VNP gesproken om informatie en inzichten te krijgen. Daarnaast zijn er minerale olie- en CoMSAS analyses uitgevoerd met monsters die door deze papier en kartonproducent zijn aangeleverd. Opgemerkt dient te worden dat dit onderzoek alleen gericht is op potentie van flotatie in het minerale olie vraagstuk en niet als veiligheidsbeoordeling van het behandelde product voor voedselverpakkingsdoeleinden. De reden hiervoor is dat het papier dat met flotatie gemaakt wordt, niet bedoeld is voor voedselverpakkingsdoeleinden.

Productveiligheid

Toxiciteit

Op basis van een uitgebreide literatuurstudie naar de stoffen gebruikt in het flotatieproces, zijn de volgende stoffen geïdentificeerd (tabel C-1) die toegevoegd worden aan het productieproces. Afhankelijk van het proces en de wensen van de producent worden de stoffen geselecteerd alsook de hoeveelheden. Hiermee variëren de gebruikte stoffen en verbindingen voor flotatie per productieproces. Op basis van de benoemde referenties is de tabel ingevuld. Het is echter mogelijk dat dit overzicht incompleet is en in praktijksituaties andere stoffen dan wel hoeveelheden worden gebruikt.

Tabel C-1. Overzicht stoffen die gebruikt worden in flotatieproces

Stof	Functie in flotatieproces	Concentratie toegepast	Referentie
Natriumhydroxide (NaOH)	Toegevoegd tijdens pulpfase/ zwellingsvezels	0.6%/ 0-5% op vezelbasis/ 2.6% op papierbasis/0.6%	(Jamnicki, Handke, Harting, Lozo, & Jakovljević, 2015), (Jiang & Ma, 2000), (P. K. Bajpai, 2010)
Natriumsilicaten (inclusief Na ₂ SiO ₃)	Toegevoegd tijdens pulpfase/ inkt disperse	1.8%/ 0.5-5% op vezelbasis/ 1% op papierbasis/ 1.8%	(Jamnicki et al., 2015), (Jiang & Ma, 2000), (P. K. Bajpai, 2010) (Husovska, 2013)
Waterstofperoxide (H ₂ O ₂)	Toegevoegd tijdens pulpfase/ o.a. voor bleken	0.5-2.5% op vezelbasis/ 2.5% op papierbasis/ 0.7%	(Jiang & Ma, 2000), (P. K. Bajpai, 2010)(Husovska, 2013)
Natriumcarbonaat (Na ₂ CO ₃)	Toegevoegd tijdens pulpfase/ water verzachter	0.25-5% op vezelbasis	(Jiang & Ma, 2000)
Natriumhydrosulfiet (Na ₂ S ₂ O ₄)	Toegevoegd tijdens pulpfase/bleken	0.5-1.5% op vezelbasis	(Jiang & Ma, 2000)
natrium of kalium (poly)fosfaat (Hexametafosfaat,tripolyfosfaat)	toegevoegd tijdens pulpfase/ inkt dispersie	0.2-1% op vezelbasis	(Jiang & Ma, 2000)
EDTA, DTPA (Chelerende agentia)	peroxide stabilisator	0 – 0.5% op vezelbasis/ 0.2% op papierbasis	(P. K. Bajpai, 2010; Jiang & Ma, 2000)
Calcium ionen (CaCl ₂)	toegevoegd tijdens zowel pulpfase als flotatie fase – fatty acid	90-300 ppm op vezelbasis	(Jiang & Ma, 2000)
Polyacrylaat, Carboxymethylcellulose (hydrofiele polymeren)	Anti-redeposition	0.1-0.5% op vezelbasis	(Jiang & Ma, 2000)
geëthoxyeerde alcoholen, geëthoxyeerde alkylphenolen (Niet-ionogene oppervlakte-actieve stoffen)	toegevoegd tijdens zowel pulpfase als flotatie fase - Inkt collector	0.1-2% op vezelbasis, 0.2% op papierbasis	(P. K. Bajpai, 2010; Jiang & Ma, 2000)
Stearinezuur, Oliezuur (vetzuren of zepen)	toegevoegd tijdens zowel pulpfase als flotatie fase	0.5-3% op vezelbasis / 0.8%/ 0.8%	(Husovska, 2013; Jamnicki et al., 2015; Jiang & Ma, 2000)
C12-C14 hydrocarbons, glycol ethers (oplosmiddel)	Toegevoegd tijdens pulpfase- oplossing van wax	0.5-2% op vezelbasis	(Jiang & Ma, 2000)
Coagulatie/flocculatie-agentia		0.3% op papierbasis	(P. K. Bajpai, 2010)

In het algemeen kan gesteld worden dat de meeste chemicaliën tijdens de pulpfase worden toegevoegd (Jiang & Ma, 2000). Ondanks dat in de tabel wordt aangegeven in welke concentratie de stof wordt toegepast, moet worden benadrukt dat de hoeveelheid toegevoegde stof afhangt van diverse parameters waaronder het type mechanische behandeling, temperatuur en de tijdsduur van het proces

(Jiang & Ma, 2000). Daarnaast dient opgemerkt te worden dat in de praktijk slechts een klein deel van deze stoffen wordt gebruikt (papier en kartonproducent).

Om een inschatting te kunnen maken van de productveiligheid tijdens het flotatieproces is een beknopt toxicologisch profiel opgesteld voor de stoffen die in het flotatieproces worden gebruikt (per stof wordt dit beschreven in bijlage D). Dit wordt in samenvattend weergegeven in tabel C-2 waarbij in de laatste kolom van de tabel de veiligheidsclassificatie is gegeven gebaseerd op de systematiek zoals omschreven in het raamwerk. Dit tezamen met de ingeschatte blootstelling dient ter beoordeling van het effect op productveiligheid.

Tabel C-2. Toxiciteitsinformatie voor stoffen die gebruikt worden in flotatieproces.
Meer uitgebreide informatie per stof is te vinden in bijlage D. Hier worden ook de referenties beschreven per bron.

Stof	Info toxiciteit	Veiligheidsrangorde
Natriumhydroxide (NaOH)	- Toegestaan voedingsadditief - ADI: onbeperkt	1
Natriumsilicaten (inclusief Na ₂ SiO ₃)	- OECD SIDS file: afgeleide chronische NOAEL 130 mg/kg lg/dag	2
Waterstofperoxide (H ₂ O ₂)	- ADI: acceptabel bij lage hoeveelheden - Effecten concentratieafhankelijk - Erg reactief (reageert weg) - Lage concentratie verwacht	1
Natriumcarbonaat (Na ₂ CO ₃)	- Toegestaan in verpakkingen zonder restrictie - Voedingsadditief in veel producten – quantum satis ²⁶ - Wordt geneutraliseerd in maag en niet opgenomen	1
Natriumhydrosulfiet (Na ₂ S ₂ O ₄)	- OECD SIDS file - Beoordeling op basis van omzettingsproducten met lage toxiciteit en - Rattenstudie met een vergelijkbare component: NOAEL 217 mg/kg lg/dag	2
natrium- of kalium (poly)fosfaat (Hexametafosfaat, tripolyfosfaat)	- mTDI voor totaal fosfaat in voeding is 70 mg/kg lg/dag	1
EDTA	- EDTA: ADI: 0-2.5 mg/kg/bw	2*
DTPA	- REACH registratie dossier - Afgeleide chronische NOAEL is 37.5 mg/kg lg/dag	2*
Calcium ionen (CaCl ₂)	- Calcium en chloride zijn essentiële bestanddelen van het dierlijk lichaam; dagelijkse inname van >1000 mg wordt aangeraden - JECFA concludeert: ADI 'not limited'	1
Polyacrylaat	- Toegestaan voor voedselcontactmaterialen - Groep SML: 6 mg/kg - NOAEL 500 mg/kg lg/dag	1
Carboxymethylcellulose	- Toegestaan voedingsadditief - ADI: 0-25 mg/kg lg/dag	1
Niet-ionogene oppervlakte-actieve stoffen => geëthoxylerde alcoholen	- HERA rapportage uit 2009 over geëthoxylerde alcoholen waarbij laagste NOAEL 50 mg/kg lg/dag is	2

²⁶ Quantum satis betekent zoveel als nodig is om functie als additief te vervullen in voedingsmiddel

Stof	Info toxiciteit	Veiligheidsrangorde
Niet-ionogene oppervlakte-actieve stoffen => geëthoxyleerde alkylphenolen	<ul style="list-style-type: none"> - Geëthoxyleerde octyl en nonylfenolen hebben hormoonverstorende eigenschappen voor het milieu - Mogen per 4 januari 2021 niet meer gebruikt worden in de EU (milieutoxiciteit) - Niet zeer toxisch voor mensen, maar gezien effecten milieu rangorde 5 (voorzorgsprincipe) 	5
Vetzuren or soaps (Stearic acid, Oliezuur)	<ul style="list-style-type: none"> - Vetzuren: NOAEL op basis van chronische oral studie van 13 g/kg bw/ d - Oliezuurs en stearic acids: GRAS door US FDA - Dietary reference value voor vetzuren vastgesteld van 1.7 gram vetzuren/ kg bw/d 	1
C12-C14 hydrocarbons, glycol ethers (oplosmiddel)	<ul style="list-style-type: none"> - Geen specifieke gezondheidskundige evaluaties - Kunnen onderdeel uitmaken van minerale olie mengsels - Afhankelijk van opzuivering kan MOAH aanwezig zijn 	-
Glycolethers	<ul style="list-style-type: none"> - Twee categorieën: ethyleenglycolethers en propyleenglycolethers - Ethyleenglycolethers: op basis van NOAELs veiligheidsrangorde 1-3 - Propyleenglycolethers: op basis van NOAELs veiligheidsrangorde 1-2 	2-3
Coagulatie/flocculatieagentia	<ul style="list-style-type: none"> - Op basis van literatuur geen informatie te vinden welke agentia gebruikt worden. Als zodanig is veiligheidsclassificatie niet af te leiden 	-

*Opgemerkt dient te worden dat EDTA en DTPA beoordeeld worden als schadelijk voor het milieu. DTPA en EDTA worden inmiddels uitgefaseerd uit de papierproductie

Blootstelling en risicobeoordeling productveiligheid

Flotatie wordt primair toegepast om OPK te ontinkten waarmee het witter en hiermee hoogwaardiger wordt. Producten die men witter wil maken zijn bijvoorbeeld grafisch papier en betreffen over het algemeen geen voedselverpakkingstoepassingen. De hypothese is dat door deze procedure ook minerale oliën verwijderd worden uit het OPK waardoor toepassing in voor voedselverpakkinglijnen mogelijk een interessant optie is. Dit wordt getoetst aan de hand van literatuur en een analytisch onderzoek met monsters van de papier en kartonproductielijn FOI-6/PM-1 wordt dubbele flotatie toegepast. Van deze papierlijn zijn meerdere monsters genomen om ook inzicht te krijgen in effecten van verschillende stappen in het proces op de (eventuele) reductie van minerale olie in het papier. Als extra onderdeel zijn monsters genomen van een kartonlijn RCF/PM-2 waarin alleen reiniging van de pulp wordt gedaan. Hiermee kan inzicht verkregen worden in de effectiviteit van deze stap in de reductie van minerale olie. Een omschrijving van de uitgevoerde analyses per lijn en de resultaten van dit onderzoek zijn omschreven in een analyserapport dat is toegevoegd als bijlage E van dit rapport. Het doel van het analytische onderzoek was enerzijds de bepaling van het effect van flotatie in het productieproces van papier op de migratie van MOSH/MOAH uit dit papier, en anderzijds om te weten te komen of flotatie leidt tot de introductie van stoffen die migreren vanuit het papier

dan wel leidt tot verhoogde migratie van normaal gesproken al aanwezige stoffen. Hier worden de verkregen resultaten van FOI-6/PM-1 nader geëvalueerd in het kader van productveiligheid. Ook worden de resultaten van RCF/PM-2 geëvalueerd met betrekking tot de effectiviteit van de reinigungsstap in de reductie van MOSH/MOAH in het verpakkingsmateriaal en van de migratie. Op basis van de analyseresultaten zoals weergegeven in bijlage E (en F) kan geconcludeerd worden dat hier ook een aantal nieuwe/verhoogde verbindingen ontstaan. Gezien het verschil in de duplo's van de ingangsmonsters van deze lijn (Bijlage E: Balenveld PM-2) is het echter onbekend of dit daadwerkelijk effecten van de reinigungsstap zijn of onderdeel van de gevonden variatie.

Migrerende stoffen

Op basis van de analyseresultaten die uitgevoerd zijn met de in bijlage E genoemde monsters van FOI-6/PM-1 (hierna PM-1 genoemd, waar RCF/PM-2 => PM-2 benoemd wordt) kan geconcludeerd worden:

- De chromatogrammen van eindproduct papier PM-1 zijn aanzienlijk schoner dan die van het eindproduct karton PM-2. Het merendeel van de pieken die in PM-2 gedetecteerd worden, is niet of in mindere mate aanwezig in PM-1 (lagere piek, of piek niet zichtbaar). Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit geen informatie geeft over effecten van het proces aangezien er geen vergelijking wordt gemaakt met het ingangsmateriaal.²⁷
- Geen nieuwe/verhoogde stoffen in monsters van het eindproduct zijn geïdentificeerd met de headspace GC-MS in vergelijking met monsters eerder uit het flotatieproces
- 19 nieuwe/verhoogde stoffen gemeten zijn in de GC-MS dichloormethaanextractenanalyse, waarvan er 14 (semi)geïdentificeerd konden worden. Dit zegt iets over stoffen aanwezig in het papier en niet over de migratie;
- 4 nieuwe/verhoogde stoffen gemeten zijn met LC-MS van de migratie-extracten. Deze stoffen konden niet gekwantificeerd en geïdentificeerd worden binnen het huidige verkennende onderzoek.

Op basis van de resultaten is onderzocht of de CoMSAS beoordelingssystematiek van waarde is in dit vraagstuk. De CoMSAS methodiek is ontwikkeld voor complexe mengsels waarbij er blootstelling aan veel stoffen in kleine hoeveelheden plaatsvindt. Om te beslissen of CoMSAS een geschikte methode is, is het belangrijk om de pieken in de chromatogrammen te vertalen naar een worst case blootstelling, waarna deze hoeveelheden vergeleken kunnen worden met de 'exposure threshold' (blootstellingsdrempel) van 90 µg/dag. Dit is nader omschreven in het analyserapport in bijlage E. Indien het merendeel van de (nieuwe/verhoogde) pieken onder de blootstellingsdrempel blijft, is CoMSAS een geschikte beoordelingsmethode, omdat hierdoor veel pieken niet nader

²⁷ Gezien de diversiteit in het ingangsmateriaal (dat samengevoegd wordt in het proces), kon geen representatief ingangsmonster voor een migratietest geselecteerd worden voor beide productielijnen. Door metingen aan de pulpmonsters (ingangsmaterialen gemengd) gedurende het proces kan inzicht verkregen worden in effecten van flotatie

geïdentificeerd en toxicologisch geëvalueerd hoeven te worden. Op basis van de resultaten kan geconcludeerd worden dat met CoMSAS:

- door het uitvoeren van stap 1 van de CoMSAS methode²⁸ een duidelijk beeld ontstaat van de nieuwe/verhoogde pieken;
- het mogelijk is om de pieken te kwantificeren²⁹ en te relateren aan de 'exposure threshold'
- het piekenpatroon laat zien dat alle nieuwe/verhoogde pieken onder de 90 µg/dag liggen;

Op de bruikbaarheid van CoMSAS in dit vraagstuk wordt nader ingegaan in de discussie. Ten behoeve van de veiligheidsbeoordeling zijn de stoffen waarvan de identiteit en de hoeveelheid bekend zijn, geëvalueerd aan de hand van het TTC concept, de (achtergrond)bloomstelling via andere (voedings)routes en relevante genotoxische-carcinogeniteitsinformatie.

In de dichloormethaanextracten van de natte pulpmonsters zijn langketenige alkanen, langketenige alkanolen, nonaanzuur en 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandioliisobutyrataat geïdentificeerd als stoffen die in nieuw/hogere hoeveelheden aanwezig dan bij geen behandeling. Betreffende 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandioliisobutyrataat dient opgemerkt te worden dat het niet met zekerheid vastgesteld kan worden dat het deze verbinding betreft. De langketenige verbindingen konden niet exact geïdentificeerd worden, maar de ketenlengte varieert tussen de 20 en 30. Derhalve zijn alle n-alkanen en n-alkanolen met een ketenlengte van 20 tot 30 C-atomen beoordeeld op veiligheid (zie tabel C-3). Voor de stoffen geïdentificeerd in de dichloormethaanextracten is aangenomen dat de totale hoeveelheid die berekend was aanwezig te zijn in de standaard 6 dm² papier, dat een soortelijk gewicht heeft van 50 g/m², migreert naar 1 kg voedsel. Als ook in dit geval een dagelijkse consumptie van 300 g voedsel verpakt in het betreffende papier wordt aangenomen, is ook de inname van deze stoffen ver beneden het Cramer klasse III niveau. Hierbij dient nogmaals opgemerkt te worden dat dit een illustratieve situatie betreft ten aanzien van effecten van flotatie en niet ten behoeve van bepaling voedselveiligheid aangezien dit papier voor grafische doeleinden betreft en het geen verpakkingsmateriaal is.

Tabel C-3 Geïdentificeerde chemische stoffen aanwezig in hogere concentraties en hun TTC classificaties

Chemische stof	Cramer klasse	Structuraalarm voor	
		genotoxische kanker- verwekkendheid	niet-genotoxische kankerverwekkendheid
n-Alkanen			
Eicosaan (C20)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Heneicosaan (C21)	Laag (klasse I)	NEE	NEE

²⁸ Semikwantitatieve bepaling van aanwezige/migrerende stoffen door middel van verschillende analysemethoden waarbij het profiel van verbindingen van voor behandeling vergeleken wordt met het profiel na behandeling met technologie. Op basis hiervan kan een beeld gevormd worden van eventueel nieuw gevormde en/of verhoogde pieken.

²⁹ Bij LC-MS kan dit alleen in combinatie met ELSD. LC-MS op zich geeft echter beter informatie over nieuw gevormde pieken. Om die reden is voor nu voor LC-MS alleen gekozen.

Chemische stof	Cramer klasse	Structuuralarm voor	
		genotoxische kanker- verwekkendheid	niet-genotoxische kankerverwekkendheid
Docosaan (C22)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Tricosaan (C23)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Tetracosaan (C24)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Pentacosaan (C25)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Hexacosaan (C26)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Heptacosaan (C27)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Octacosaan (C28)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Nonacosaan (C29)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Triacontaan (C30)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
n-Alkanolen			
Eicosanol (C20)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Heneicosanol (C21)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Docosanol (C22)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Tricosanol (C23)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Tetracosanol (C24)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Pentacosanol (C25)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Hexacosanol (C26)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Heptacosanol (C27)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Octacosanol (C28)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Nonacosanol (C29)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Triakontanol (C30)	Laag (klasse I)	NEE	NEE
Overige			
2,2,4-trimethyl-1,3-pentaan- dioldiisobutyraat	Laag (klasse I)	NEE	JA
Nonaanzuur	Laag (klasse I)	NEE	NEE

Alle geïdentificeerde stoffen behoren tot laagtoxische Cramer klasse (klasse I) en hebben geen structuuralarm voor genotoxische carcinogeniteit. Behalve 2,2,4-trimethyl-1,3-pentaandioldiisobutyraat, heeft verder geen enkele stof een structuuralarm voor niet-genotoxische carcinogeniteit. Deze stoffen worden dus geacht geen gezondheidsproblemen op te leveren bij levenslange dagelijkse inname van 1800 µg, volgens het TTC-principe. Voor stoffen met een structuuralarm voor niet-genotoxische carcinogeniteit bestaan geen specifieke afgeleide TTC-niveaus omdat te weinig gegevens beschikbaar zijn om dit betrouwbaar te doen (EFSA & WHO, 2016). Aangezien niet-genotoxische carcinogenen geacht worden drempelwaarden te hebben, worden deze normaal gesproken meegenomen in de TTC-waarden die gelden voor de Cramer klasse waartoe ze behoren. Om na te gaan of dit uitgangspunt in dit specifieke geval opgaat, is voor 2,2,4-trimethyl-1,3-pentaandioldiisobutyraat nagegaan of er bij de ECHA een REACH-dossier is ingediend. Dat blijkt inderdaad het geval (ECHA,

n.d.). De indieners van het dossier hebben voor deze stof een orale langetermijn-DNEL voor de algemene populatie afgeleid van 18,8 mg/kg lichaamsgewicht/dag (een limietwaarde in principe vergelijkbaar met de ADI), gebaseerd een rattentoxiciteitsstudie met herhaalde orale blootstelling via het dieet gedurende een periode van 90 dagen. Hierbij werd uitgegaan van een NOAEL van 750 mg/kg lichaamsgewicht/dag en een onzekerheidsfactor van 40. Bij nadere beschouwing van deze onderbouwing door TNO, werd deze niet voldoende streng geacht: bij de genoemde dosis werden in mannetjesratten significante toxische effecten gezien, een toename in nierschade, en werd geconcludeerd dat de onzekerheid hoger ingeschat moet worden (een factor 200 i.p.v. 40). Aangezien de naast lagere dosis in deze studie (150 mg/kg lichaamsgewicht/dag) geen effecten liet zien en dus een NOAEL is, kan voor 2,2,4-trimethyl-1,3-pentaandioldiisobutyrat een ADI van $150/200 = 0,75$ mg/kg lichaamsgewicht/dag afgeleid worden. Dat betekent dat voor een persoon van 60 kg, een levenslange dagelijkse inname van 45 mg hoogstwaarschijnlijk geen schadelijke effecten zal veroorzaken. Dit bevestigt de laag-toxische aard van deze verbinding.

Voor de stoffen die geïdentificeerd konden worden kan geconcludeerd worden dat niet verwacht wordt dat deze gezondheidsrisico's op zullen leveren. Echter er zijn 5 verbindingen die binnen dit verkennende onderzoek niet beoordeeld konden worden. Diepgaander analytisch onderzoek dan wel uitvoering van stap 2 en 3³⁰ van CoMSAS kunnen hiervoor gedaan worden. Echter aangezien dit niet binnen het verkennende onderzoek past, het onderzochte materiaal niet bedoeld is voor verpakkingsdoeleinden en gezien het feit dat slechts een beperkt aantal monsters geanalyseerd zijn op één productiedag, wat niet als representatief kan worden geacht voor overall productveiligheid, is dit niet uitgevoerd.

De analyseresultaten laten ook zien dat door toepassing van flotatie veel pieken verdwijnen. Echter aangezien dit niet tot het doel van het onderzoek behoort, zijn de stoffen die verdwijnen niet nader geïdentificeerd.

Reductie MOSH/MOAH

Literatuurinformatie

Flotatie is primair gericht op het verwijderen van inkt uit papier. Derhalve is er in de literatuur beperkt informatie te vinden over de effectiviteit in relatie tot verwijdering van minerale olie. In het rapport van de TUD (TUD, 2016) wordt beschreven dat met flotatie tot 82% van de minerale olie verwijderd kan worden waarbij dit in relatie wordt getrokken met effectiviteit van thermische behandeling. Daarnaast heeft Jamnicki (Jamnicki et al., 2015) in 2015 een artikel gepubliceerd waarin de effectiviteit van een nieuwe flotatie techniek wordt onderzocht: adsorptiefлотatie. Het verschil met gewone flotatie is dat in het proces ook polymeer bolletjes worden toegevoegd. Op labschaal werd 60-80% van de minerale olie verwijderd. Zoals eerder aangegeven kan flotatie op veel verschillende manieren uitgevoerd worden, wat ook effect kan hebben op de effectiviteit.

³⁰ Met stap 2 in CoMSAS dient de aanwezigheid van de verbindingen zoals genoemd in figuur 1 beoordeeld te worden aan de hand van analyses of expert judgement. Vervolgens dient in stap 3 de genotoxiciteit van het mengsel onderzocht te worden met een zo gevoelig mogelijke bioassay.

Resultaten analyseonderzoek

In dit onderzoek is aan de hand van monsters van de papier en kartonproducent onderzocht in hoeverre flotatie zorgt voor reductie van minerale olie in grafisch papier (zie de resultaten in bijlage E). Aangezien op meerdere plaatsen in de productielijn monsters genomen konden worden, kon daarbij ingeschat worden wat het effect van een procesdeel is. Opgemerkt dient te worden dat aangezien dit slechts één meting betreft, dit slechts indicatief is voor de effectiviteit van flotatie in de verwijdering van minerale olie. Zoals eerder beschreven kunnen de proces- en chemicaliën-condities enorm variëren, wat van invloed kan zijn op de effectiviteit.

Op basis van de analyse resultaten kan geconcludeerd worden dat de migratie van MOSH/MOAH uit het met flotatie behandelde papier (FOI-6/PM-1) laag is vergeleken met het karton waar alleen een reinigungsstap heeft plaatsgevonden (RCF/PM-2). Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit geen informatie geeft over effecten van het proces aangezien er geen vergelijking is gemaakt met het ingangsmateriaal.³¹ Wanneer de concentratie MOSH/MOAH van het eerste pulpmonster (accept 1^e trap) vergeleken wordt met de concentratie in het laatste pulpmonster (eindproduct MC1) dan is de hoeveelheid MOSH/MOAH met circa 90% gereduceerd. Hierbij lijkt het effect van de eerste flotatieronde het grootst, aangezien er hier een reductie van circa 75% optreedt (verschil monster 'accept 1^e trap' met 'toevoer dispergeerder') in de gemeten monsters. Als ter vergelijking gekeken wordt naar het effect van de reinigungsstap in lijn RCF/PM-2 wordt een reductie van circa 50% gezien.

In het algemeen dient opgemerkt te worden dat, aangezien de analyses op een beperkt aantal monsters die op 1 dag zijn genomen, zijn uitgevoerd, er weliswaar een beeld wordt gegeven van de potentie van (dubbele) flotatie, maar dat voor een representatief beeld meerdere analyses nodig zijn. Nu is er op het gebied van de effectiviteit van het verwijderen van MOSH/MOAH met flotatie meer informatie bekend dan enkel deze analysegegevens (zie literatuurinformatie). Gezien dat deze informatie in dezelfde lijn ligt kan geconcludeerd worden dat de effectiviteit van het verwijderen van MOSH/MOAH door flotatie is aangetoond. De mate van effectiviteit verschilt in deze onderzoeken. Dit wordt naar verwachting veroorzaakt doordat flotatie op verschillende wijzen is toegepast. Dubbele flotatie lijkt bijvoorbeeld effectiever dan enkele flotatie. Het analyseresultaat na de eerste flotatieronde (75% reductie) is vergelijkbaar met de resultaten uit de literatuur. Verder onderzoek is nodig om de optimale omstandigheden vast te stellen. Dit gaat niet alleen om effectiviteit, maar ook bijvoorbeeld om energieverbruik en materiaalverlies (vezels, vulstoffen). Hier wordt in de discussie nader op ingegaan.

Beoordeling: +, op basis van de huidige kennis: de analyses laten zien dat in papier dat geproduceerd is met een dubbel flotatieproces beduidend minder minerale olie aanwezig is in het eindproduct (reductie circa 90% (dubbel) of circa 75% (enkel)) dan in de beginfase van het proces. Er van uitgaande dat deze resultaten

³¹ Gezien de diversiteit in het ingangsmateriaal (dat samengevoegd wordt in het proces), kon voor beide productielijnen geen representatief ingangsmonteer voor een migratietest geselecteerd worden. Door metingen aan de pulpmonsters (ingangsmaterialen gemengd) gedurende het proces kan inzicht verkregen worden in effecten van flotatie.

representatief zijn voor verpakkingsmateriaal, draagt flotatie daarom bij aan de reductie van minerale olie in het bewuste voedselverpakkingsmateriaal en daarmee aan de vermindering van de migratie van MOSH/MOAH naar het daarin verpakte voedingsmiddel. Er zijn nieuwe verbindingen aangetroffen in de geanalyseerde monsters. Voor de stoffen die geïdentificeerd konden worden (het merendeel) kan geconcludeerd worden er geen gezondheidsrisico's te verwachten zijn bij de gemeten hoeveelheden.

Ketenveiligheid

Op basis van de analyseresultaten van de pulpmonsters is aangetoond dat met flotatie minerale olie uit het papier verwijderd wordt. Daarnaast worden met flotatie beperkt/geen nieuwe stoffen in het materiaal en dus de keten geïntroduceerd. Over het geheel bezien heeft flotatie daarom een positief effect op de ketenveiligheid. Er zijn meerdere manieren zijn om te floteren en daarmee wordt de effectiviteit voor het verwijderen van minerale olie beïnvloed. In het huidige onderzoek is gekeken naar effecten van (verschillende stappen in) het dubbele flotatieproces. Het wordt verondersteld dat dit een zeer grondige manier van floteren is. Enkele flotatie is naar verwachting minder effectief. Daarnaast worden er nieuwe/verhoogde stoffen in het product geïntroduceerd. Ondanks dat deze laag toxisch lijken op basis van de metingen, is er een onzekerheid of er niet ook andere stoffen geïntroduceerd worden dan wel wat de toxiciteit is van de niet te identificeren verbindingen. Om deze redenen is een score van + gegeven (in plaats van ++).

Beoordeling: +

Duurzaamheid

Materiaalbehoud

Bij ontinkten door middel van wassen en flotatie is er sprake van vezelverlies en verlies van vulstoffen, zoals calciumcarbonaat. Dit heeft een negatieve invloed op hoe vaak het papier gerecycled kan worden. De grootte van het vezelverlies hangt af van factoren als de hoeveelheid schuim dat gebruikt wordt tijdens flotatie (waarbij een teveel aan schuim leidt tot vezelverlies (Venditti, n.d.), de stabiliteit van het schuim (Zhu & Tan, 2005), een teveel aan calciumionen (Jiang & Ma, 2000), te kleine schuimbubbels (waardoor de vezels te vast aan de bubbels blijven hechten) (Venditti, n.d.), uitgebreide wasstappen leiden tot vezelverlies (P. Bajpai, 2014) of het type surfactanten. Bij gebruik van ionische surfactanten is er een groter vezelverlies dan bij non-ionische surfactanten (Svensson, 2011).

Tijdens de wasstap van het ontinkten is er een aanzienlijk verlies van vezels (P. K. Bajpai, 2010). Het gebruik van een zogenaamde 'high-efficiency washer' haalt veel inkt weg, maar tegelijkertijd ook veel vezels. Tegenwoordig worden er daarom minder efficiënte wassers (waaronder vacuüm wassers) gebruikt (P. Bajpai, 2014). Dit kan mogelijk effect hebben op de effectiviteit van verwijderen minerale olie met flotatie. Vezelbehoud is afhankelijk van het type papier dat gerecycled wordt (P. Bajpai, 2014). Zo heeft krantenpapier een behoud van 80-86% van de vezels, en zogenaamd 'supercalanderd en light weight coated' papier 70-75% van de vezels. Vezelverlies vindt hoofdzakelijk plaats tijdens de flotatiestap en deels tijdens de postflotatie (papier en kartonproducent).

Gebaseerd op de geraadpleegde bronnen wordt het vezelverlies geschat op 5-10% per flotatieronde.

Beoordeling: -- ; er is aanzienlijk verlies van vezels en vulstoffen wat van invloed is op hoe vaak het papier gerecycled kan worden

Additionele (energie)bronnen

Voor flotatie is naast een grote hoeveelheid water en chemicaliën, veel machinerie nodig (zie beschrijving technologie). Er wordt verwacht dat dit gepaard gaat met een groot energieverbruik met name voor de werking van de pompen en het verkrijgen van de juiste temperatuurcondities. Daarnaast moet het schuim dat vrijkomt bij de flotatie afgevoerd worden. Dit kan door verbranding gedaan worden wat energie vraagt, maar ook oplevert. De TUD heeft in het kader van ontwikkelingen op thermische behandeling en sCO₂ vergelijkingen gemaakt aangaande energieverbruik voor flotatie (TUD, 2016). Hieruit blijkt dat voor flotatie relatief minder energie nodig is dan voor thermische behandeling.

Een mogelijkheid is om restwater, chemicaliën en vrijgekomen (warmte) energie te hergebruiken. Bij de papier en kartonproducent wordt bijvoorbeeld een groot deel van het water en een deel van de chemicaliën voor een nieuwe flotatieronde gebruikt. Daarnaast wordt het schuim onder strikte procescontrole over de rand van de flotatiecellen afgevoerd. Het opgevangen schuim wordt opnieuw behandeld, afgevoerd en verbrand op eigen terrein; dit levert energie op (80-85%) voor de stoom in de fabriek van de PM-1 (papier en kartonproducent).

Er zou kunnen gedacht worden aan het verminderen van het energieverbruik van een flotatieproces, zoals het verminderen van het aantal flotatiecellen; de energieconsumptie van het totaalproces van flotatie is namelijk sterk afhankelijk van het aantal flotatiecellen (Laurijssen, Faaij, & Worrell, 2013). Procesgerelateerde energieverbetering kan ook worden bewerkstelligd door aanpassingen aan het design van de pijpen en het type luchtinjectoren die worden toegepast.

Daarnaast is de manier van pulpen een manier om mogelijk energie te besparen. Er zijn verschillende apparaten die gebruikt kunnen worden voor het pulpen: laag-consistentie pulpers, medium-consistentie pulpers en hoog-consistentie pulpers (P. Bajpai, 2014). De keuze van de pulper hangt af van de efficiëntie en energieconsumptie bij het ontvezelen om het residu van papiervlokken te minimaliseren en het minimaliseren van het uiteenvallen van contaminanten om hun verwijdering te vergroten. De hoog-consistentie pulper wordt doorgaans geprefereerd omdat dit o.a. stoombesparing teweegbrengt. Er bestaan twee typen hoog-consistentie pulpers: batch pulpers en drum pulpers. Een drumpulper gebruikt 50% minder energie ten opzichte van een batch pulper, maar houdt ook plastic, stickies en contaminanten intact.

Beoordeling: -, op basis van bovenstaande informatie.

Afvalstromen

Het schuim dat ontstaat bij flotatie bevat naast de gebruikte chemicaliën, inktresten en andere stoffen die door het proces vrij zijn gekomen. Hier kunnen schadelijke stoffen in zitten zoals bisphenol A, PCBs en foto-initiatoren (Papierpraat, n.d.). Een optie is om dit schuim eerst na te behandelen om minder verliezen te hebben. Hierna wordt het afval afgevoerd en verbrand (papier en kartonproducent).

In de literatuur is informatie gevonden over de belasting van flotatie op het milieu. Er kan bij het proces emissie plaatsvinden van alkylfenolen, hydrogenated terphenylen, natriumsilicaat (waterglas), DTPA en EDTA (Papierpraat, n.d.). EDTA is persistent is en zowel EDTA en DTPA dragen bij aan milieuvervuiling (Sillanpää, 1997). Opgemerkt dient te worden dat de veiligheidsclassificatie die is toegekend in dit raamwerk aan stoffen (waaronder EDTA en DTPA) gebaseerd is op informatie

relevant voor gezondheidskundige beoordeling in de mens en niet op het milieu. De ernst van de effecten kan derhalve verschillen als er vergeleken wordt tussen mens en milieu. DTPA en EDTA worden inmiddels uitgefaseerd uit de papierproductie (papier- en kartonproducent). Het wordt aangeraden om natriumsulfiet te gebruiken in de pulper in plaats van EDTA, natriumhydroxide en natriumsilicaat (P. Bajpai, 2014). Het gebruik en de emissie van bovengenoemde stoffen door de papierindustrie is niet bekend. In de toekenning van papierkeurmerken wordt ook rekening gehouden met welke stoffen er gebruikt zijn (Papierpraat, n.d.).

Enzymatische flotatie staat in de aandacht omdat dit milieuvriendelijker is dan flotatie met conventionele chemicaliën. Enzymatisch ontinkten kan door middel van het toevoegen van bijvoorbeeld cellulase. Het nadeel is dat cellulase in staat is om papiervezels af te breken, en dat is niet wenselijk.

Beoordeling: --, bij flotatie ontstaat een afvalstroom die op een speciale manier afgevoerd dient te worden in verband met schadelijkheid van de stoffen

Haalbaarheid en kosten

Kosten

Flotatie wordt al in de papierindustrie toegepast, maar voor een ander doel namelijk het ontinkten van OPK om een hoogwaardiger product te verkrijgen. Dit gebeurt veelal bij productlijnen (zoals grafisch papier) die niet bedoeld zijn voor voedselcontact. Het minerale olie probleem betreft juist het domein van voedselcontactmaterialen. Indien flotatie in dit kader een wenselijke oplossing biedt, is de kans daarom groot dat het flotatieproces aan de productielijn toegevoegd moet worden. Dit vraagt om investeringskosten in de apparatuur, aanpassingen in het proces en om de afvalstromen te behandelen. Daarnaast zijn er additionele operationele kosten. TNO heeft informatie verkregen van VNP over een onderzoek waarin de kosten voor flotatie ingeschat zijn. Volgens dit onderzoek zijn de kosten voor een flotatieproces een combinatie van operationele kosten (chemicaliën, energie, waardevermindering), het verlies van ruw materiaal en kosten voor slibafvoer. Een relatieve verdeling van de kosten per ton gereed product komt neer op 75% ruw materiaal verlies, 12.5% slibafvoer, 9% energie en 4% chemicaliën. Deze kosten komen gemiddeld neer op 48 Euro per ton gereed product (VNP/PRN, 2017). Ter vergelijking: de operationele kosten zonder ontinkting worden geschat op 6-13 Euro per ton gereed product (VNP/PRN, 2017).

Uitgaande van een situatie waarin het flotatieproces nieuw in een voedselcontactmateriaalproductielijn gebouwd moet worden is via VNP een inschatting van de investeringskosten gegeven. Deze kosten moeten opgeteld worden bij bovengenoemde kosten. De investeringskosten hangen af van de schaalgrootte. Voor het behandelen van 400.000 ton papier en karton per jaar wordt het bedrag voor een flotatie-installatie geschat op een minimum van 10 miljoen euro, maar zal waarschijnlijk liggen tussen 15 en 20 miljoen euro (VNP/PRN, 2017).

Beoordeling: --: als de kosten voor zowel de investering als het operationele proces worden afgewogen liggen deze ver boven 1 miljoen Euro (scenario C). Dit is echter een worst case situatie. Indien er in een productiefaciliteit het flotatieproces al wel geïncorporeerd is en toegepast kan worden op voedselcontactmaterialen, dan geeft dit mogelijk een ander beeld. Aangezien hier diverse scenario's voor mogelijk zijn, is dit in de huidige verkenning niet nader onderzocht.

Haalbaarheid

Efficiëntie productie

Het flotatieproces wordt reeds in de papierindustrie toegepast en in sommige gevallen in lijnen die bedoeld zijn voor voedselcontact. Om die reden wordt aangenomen dat het een processtap is die niet ongunstig is voor de efficiëntie van de product. Het effect van flotatie op verlies van vezels en vulstoffen is reeds beoordeeld onder invloed op recyclebaarheid.

Beoordeling: 0

Implementeerbaarheid

Aangezien flotatie al op grote schaal wordt toegepast binnen Europa, is het kennisniveau groot, wat het implementeerbaarheidsniveau ten goede komt. Om flotatie te implementeren in een fabriek moeten er echter wel kennisbronnen geraadpleegd worden. Er moet onder andere kennis zijn van de meest optimale condities en hoe de techniek geïmplementeerd moet worden.

Beoordeling - : In afweging nemende dat flotatie breed toegepast is en de kennis de makkelijk ingeschakeld kan worden, maar niet aanwezig is in standaard situatie. Indien het proces al wel toegepast wordt, dan is dit een 0 beoordeling.

TRL niveau

Flotatie wordt op grote schaal toegepast binnen Europa; de technologie werd al voor het eerst gebruikt in 1930 voor het ontinkten van papier en sinds 1980 is de markt snel gegroeid (Jiang & Ma, 2000). In 1995 was het gewicht aan papier dat geflooteerd werd rond de 25 miljoen ton (Jiang & Ma, 2000).

Beoordeling: ++ , flotatie wordt al lange tijd veelvuldig toegepast in Europa.

Kwaliteit eindproduct

Flotatie wordt normaliter toegepast om papier te ontinkten. Dit leidt tot een hoogwaardiger product met name aangezien het product wit is.

Flotatie leidt tot verlies van papiervezels en vulstoffen. Aangezien deze factoren meegenomen zijn bij de beoordeling van recyclebaarheid van het product, worden deze niet meegewogen in deze stap.

Beoordeling: +

D Toxicologische evaluatie van stoffen die bij flotatie gebruikt kunnen worden

- Natriumhydroxide (NaOH)

De Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives heeft een ADI “not limited” opgesteld voor natriumhydroxide in 1965 (FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 1965). Het mag aan verschillende voedingsmiddelen *quantum satis* (zoveel als nodig is voor additiefunctie) worden toegevoegd, maar alleen om de pH bij te stellen.

Er is geen betrouwbare studie/ NOAEL waarde voor natriumhydroxide voor lange termijn blootstelling via de orale route (ECHA, 2012).

Op basis van het feit dat natriumhydroxide een niet-gelimiteerde ADI heeft en aan verscheidene voedingsmiddelen *quantum satis* mag worden toegevoegd mits toegepast om de pH bij te stellen, is veiligheidsrangorde 1 toegewezen.

- Natriumilicaten (inclusief Na₂SiO₃)

Er is een OECD-SIDS beschikbaar over oplosbare silicaten (OECD, 2004):

Soluble silicates have been tested in a number of repeated dose studies with exposures ranging from 28 to 180 days. The NOAELs (90d) of sodium metasilicate were 227 - 237 mg/kg bw/d for rats and 260 - 284 mg/kg bw/d for mice (highest tested dose levels, respectively). Sodium silicate had a NOAEL (180d) of 159 mg/kg bw/d for rats (highest tested dose). In mice the LOAEL (90 d) of sodium metasilicate was 716 - 892 mg/kg bw/d with reduction of pituitary glands weight in female mice as adverse effect.

Aangezien de NOAELs vastgesteld zijn op de hoogst geteste dosis, is de hoogste NOAEL van 260 mg/kg lichaamsgewicht/dag de uitgangswaarde. Om te corrigeren voor een chronische blootstelling, wordt deze waarde gedeeld door 2 (ECHA, 2012). De chronische NOAEL is 260/2 = 130 mg/kg lichaamsgewicht/dag waarmee een veiligheidsclassificatie 2 wordt toegewezen.

- Waterstofperoxide (H₂O₂)

De effecten van waterstofperoxide na inname via voeding zijn afhankelijk van de concentratie aangezien hogere concentraties kunnen leiden tot irritatie in het maag-darmstelsel. Indien van een 3% concentratie waterstofperoxide een relatief grote hoeveelheid wordt geconsumeerd, kunnen nadelige effecten ontstaan (IPCS, n.d.). De Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives heeft geen ADI opgesteld voor waterstofperoxide, maar beschouwt het gebruik van waterstofperoxide als conserveermiddel in voeding acceptabel (FAO/WHO. IPCS Inchem). Als commentaar wordt toegevoegd dat “Small residues of waterstofperoxide on food (which has been treated with antimicrobial washing solutions) at the time of consumption would not pose a safety concern.”

Verder is waterstofperoxide onstabiel; de stof ontbindt snel in zuurstof en water (onder het vrijkomen van warmte) (ATSDR). Op basis van het toegestane gebruik van waterstofperoxide als conserveermiddel in voeding (b.v. melk), dat verwacht wordt dat als er residuen achterblijven in het OPK en migreren naar voeding dat het om lage concentraties gaat en het feit dat deze stof snel ontbindt in de niet-toxische moleculen zuurstof en water, wordt veiligheidsclassificatie 1 toegewezen.

- Natriumcarbonaat (Na_2CO_3)

Natriumcarbonaat is geregistreerd als voedingsadditief en mag *quantum satis* worden toegevoegd aan een verscheidenheid van levensmiddelen, onder andere aan zoetjes, zout, boter, babyvoeding, kipkebab (European Commission, 2011). Daarnaast is natrium carbonaat geautoriseerd als additief of polymeer productiehulpmiddel voor plastic materialen en artikelen die in contact met voeding komen met geen specifieke restricties. De EFSA heeft de veiligheid van het gebruik van natrium carbonaat in actieve voedselcontactmaterialen geëvalueerd in 2013 waarbij geconcludeerd wordt dat deze veilig gebruikt kunnen worden wanneer deze gebruikt worden gecombineerde zuurstof generator en koolstofdioxide absorptiemiddel voor de verpakking van fruit. (European Food Safety Authority, 2013)

In 2002 is een OECD SIDS rapport verschenen over natriumcarbonaat (OECD, 2002b). De conclusies van het rapport waren onder meer dat er wel informatie is over de acute toxiciteit van de stof (LD_{50} voor ratten is 2800 mg/kg bw), maar geen valide informatie van zogenaamde 'repeated dose' studies beschikbaar is. Ontwikkelingstoxiciteitsstudies in ratten, muizen en konijnen blootgesteld via gavage aan doses van 1.8 tot 340 mg/kg lichaamsgewicht/dag gedurende een deel van de dracht, lieten geen negatieve gevolgen op het nageslacht zien. Met betrekking tot de toxicokinetiek van natriumcarbonaat wordt in het OECD SIDS document opgemerkt dat de opname van natrium via blootstelling aan natrium carbonaat veel lager is dan natrium via voeding. Daarnaast wordt natrium carbonaat in de maag geneutraliseerd door maagzuur.

Op basis van het feit dat natriumcarbonaat *quantum satis* toegestaan is als voedseladditief in verscheidene levensmiddelen en zonder restricties in voedselcontactmaterialen en het na orale inname niet als zodanig opgenomen wordt, wordt de veiligheidsclassificatie 1 toegewezen.

- Natriumhydrosulfiet ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)

Natriumhydrosulfiet wordt ook natriumdithioniet genoemd. Van deze stof is in 2004 een OECD SIDS rapport verschenen (OECD, 2004a). Uit dit rapport blijkt dat natriumdithioniet niet stabiel is onder fysiologische omstandigheden; "*Upon contact with moisture, it is oxidized to hydrogen sulfite (HSO_3^-), sulfite (SO_3^{2-}) and hydrogen sulfate (HSO_4^-), and under strongly acidic conditions it may liberate sulfur dioxide... It is efficiently metabolized, and the major part rapidly excreted as sulfate into the urine.*". Omdat natriumdithioniet zo snel degradeert onder *in vivo* condities, is in de OECD SIDS de toxiciteit van de ontledingsproducten gebruikt voor de evaluatie van herhaalde, chronische blootstelling. De ontledingsproducten zijn sulfiet, waterstof sulfiet, sulfaat en thiosulfaat. Hieruit blijkt dat deze omzettingsproducten allemaal

beschouwd worden als stoffen met een erg lage systemisch toxiciteit. Verder wordt gesteld dat voor dinatrium disulfiet orale NOAELs (bij 30 en 104 weken blootstelling in ratten) van 942 mg/kg lg/day en 217 mg/kg lg/dag zijn afgeleid voor respectievelijk systemische toxiciteit en lokale effecten in het maagdarmsstelsel. Volgens de OECD SIDS zijn deze resultaten voldoende representatief voor de beoordeling van natriumdithioniet.

Op basis van deze resultaten en de algehele beoordeling in de SIDS, wordt een veiligheidsrangorde van 2 toegewezen.

- **Natrium- en kaliumzouten van polyfosfaten als hexametafosfaat of fosfaat**

Sodium hexametaphosphate (SHMP) wordt onder meer gebruikt als voedingsadditief (website Food-Info³²)

In 1982 heeft de JECFA een maximaal te verdragen dagelijkse inname (mTDI (maximum Tolerable Daily Intake)) voor een lijst met gespecificeerde fosfaten en polyfosfaten vastgesteld van 70 mg/kg lg/dag is (WHO JEFCA, 1982). Op die lijst staan onder andere de natrium- en kaliumzouten van trifosfaat en polyfosfaat. De mTDI geldt voor de som van fosfaten die aanwezig zijn in voeding. Ondanks dat dit een totaalwaarde betreft voor alle fosfaten waar polyfosfaten, kan geconcludeerd worden dat deze mTDI ver boven de 2.5 mg/kg lg/dag ligt. Om deze reden wordt veiligheidsclassificatie 1 hieraan toebedeeld.

- **EDTA**

De Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives heeft een ADI van 0 - 2.5 mg/kg bw opgesteld voor Disodium ethylenediamine tetra-acetate (Disodium EDTA) in 1973 (WHO JEFCA, 1973). Op basis van deze ADI wordt aan EDTA een veiligheidsrangorde van 2 toegekend.

- **DTPA (CASRN 3148-72-9)**

Net als EDTA is DTPA een chelator van metalen. De enige toxicologische evaluatie beschikbaar bestaat uit een REACH-registratiedossier. Gebaseerd op deze data is DPTA niet acuut toxisch via de orale route ($LD_{50} > 5000$ mg/kg lichaamsgewicht), niet irriterend voor de huid maar wel voor het oog, niet genotoxisch, niet toxisch voor de voortplanting en niet sensibiliserend. Er is één orale toxiciteitsstudie met herhaalde blootstelling beschikbaar, uitgevoerd in ratten die 28 dagen lang DPTA hebben ingenomen via het drinkwater. De NOAEL in deze studie is 75 mg/kg lichaamsgewicht/dag, gebaseerd op effecten op gereduceerd lichaamsgewicht en veranderingen in klinisch-chemische parameters bij de eerstvolgende hogere dosis. De regulator hanteert een factor 2 i.p.v. de gebruikelijke factor 6 (ECHA, 2012) om te extrapoleren van subacute naar chronische blootstelling, met als argumenten dat de stof snel wordt uitgescheiden (binnen 24 uur), een acuut werkingsmechanisme

³² Food-Info.net is a project, initiated and run by the Wageningen University and supported by the Food-Info Foundation (Stichting Food-Info). The site is non-commercial and all responsibility on content and lay-out is with the university partners.

heeft (als chelator van metalen, in het bijzonder zink), en een vergelijkbare chelator (EDTA) geen blootstellingsduur afhankelijke verlaging van de NOAEL laat zien (zie ook het REACH-registratiedossier van EDTA (ECHA, 1977)). Op basis van deze argumenten, is deze extrapolatiefactor te billijken, wat leidt tot een chronische NOAEL van 37.5 mg/kg lichaamsgewicht/dag en een veiligheidsklasse 2.

- Calcium ionen (CaCl₂)

Calcium chloride lost in water snel op in calcium en chloride ionen. Beiden ionen zijn essentiële bestanddelen van het dierlijk en menselijke lichaam (OECD, 2002a). Calcium ionen zijn o.a. essentieel voor de vorming van het skelet, coagulatie van bloed en spier samentrekking. Voor beiden nutriënten wordt een dagelijkse inname van meer dan 1000 mg aangeraden (OECD, 2002a).

Er is een orale toxiciteitsstudie op ratten beschreven, die 12 maanden lang 1000-2000 mg/kg lg/ dag calcium chloride werden gevoerd. Deze studie liet geen nadelige gezondheidseffecten zien (OECD, 2002a).

De Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives heeft besloten dat de ADI vastgesteld kan worden op 'not limited' aangezien het een stof is van lage toxiciteit (JEFCA, 1973).

Op basis van bovenstaande informatie wordt een veiligheidsclassificatie van 1 toegewezen aan calcium ionen (calcium chloride).

- Hydrofiele polymeren (polyacrylaat, carboxymethylcellulose)

Polyacrylaat (CASRN 9003-01-4)

Polyacrylaat is een polymeer van acrylzuur, is bij kamertemperatuur een vaste stof, wordt vloeibaar in waterige oplossing en heeft een smelttemperatuur van 106 °C (IARC, 1979)). Polyacrylaat (natrium zout) is geautoriseerd als additief voor voedselcontactmaterialen waarbij een groeps-SML van 6 mg/kg, uitgedrukt als acrylzuur wordt gehanteerd (EFSA, 2016). In de onderliggende evaluatie wordt naar een orale 13-wekenstudie in ratten gerefereerd op basis waarvan door EFSA een NOAEL van 500 mg/kg lg/dag is afgeleid en wordt geconcludeerd door EFSA dat de stof niet accumuleert (EFSA, 2007). Op basis hiervan kan een veiligheidsclassificatie 1 worden toegekend.

Carboxymethylcellulose (CASRN 9000-11-7)

De natriumvorm van carboxymethylcellulose (CASRN 9004-32-4) is geregistreerd onder E-nummer 466 en is toegestaan als voedingsadditief in de EU, *quantum satis* (d.w.z. dat zoveel als nodig is mag worden toegevoegd) (European Commission Food Additives database, 2017). De FDA beschouwt beide vormen van carboxymethylcellulose als equivalent en als een zogenaamde GRAS-substantie (Food and Drug Administration, 1973) (GRAS = Generally Recognized as Safe). De WHO heeft een ADI vastgesteld van 0-25 mg/kg lichaamsgewicht/dag (WHO, 1974).

Op basis van bovenstaande informatie wordt een veiligheidsclassificatie van 1 toegewezen aan carboxymethylcellulose.

- **Niet-ionogene oppervlakte-actieve stoffen (geëthoxyleerde alcoholen, geëthoxyleerde alkylphenolen)**

Geëthoxyleerde alcoholen

Een IUCLID file is beschikbaar voor geëthoxyleerd alcohol (CAS no. 69011-36-5) waarin een overzicht van toxiciteitsdata is gegeven, gebaseerd op een risicobeoordelingsrapport over geëthoxyleerde alcoholen van het Human & Environmental Risk Assessment project (HERA, 2009).

Er zijn diverse subacute en chronische studies beschikbaar via de HERA rapportage, waaronder twee chronische "repeated dose" studies. De effecten in de studies die gezien waren hadden betrekking op een verhoging van het gewicht van organen, zonder histopathologische veranderingen (met de uitzondering van leverhypertrofie). De ene studie rapporteerde een NOAEL van 50 mg/kg bw/d, en de tweede studie een NOAEL van 160 mg/kg bw/d. Om een chronische limietwaarde te stellen is de laagste NOAEL waarde gebruikt. Aangezien er geen verschil in NOAELs is tussen kortdurende en langdurende blootstellingsstudies (EFSA, 2016) hoeft er geen conversiefactor toegepast te worden.

Op basis van de bovengenoemde chronische NOAEL is veiligheidsclassificering 2 toegewezen voor geëthoxyleerde alcoholen.

Geëthoxyleerde alkylphenolen

Volgens de Alkylphenols & Ethoxylates Research Council (APE Research Council), een Noord-Amerikaanse belangorganisatie van producenten, zijn geëthoxyleerde alkylphenolen niet-ionogene oppervlakte-actieve stoffen die vooral industrieel gebruikt worden (APERC website). Commercieel de meest relevante stoffen (mengsels) uit deze groep zijn de geëthoxyleerde nonylphenolen en octylphenolen. Het zijn polymeren van alkylphenolen en ethyleen oxide. Volgens de APE Research Council worden vooral de geëthoxyleerde nonylphenolen gebruikt in de papierindustrie en hebben de commercieel meest belangrijke CAS-nummers 9016-45-9, 26027-38-3, 37205-87-1 en 68412-54-4. Zowel de geëthoxyleerde octyl- als nonylphenolen zijn op de autorisatielijst van REACH geplaatst vanwege hun hormoonverstorende eigenschappen in het milieu en mogen per 4 januari 2021 niet meer gebruikt worden in de EU (European Commission, 2017). Volgens de APE Research Council betekent dat dat bedrijven die deze stoffen toch nog willen gebruiken autorisatie bij ECHA moeten aanvragen voor dat gebruik vóór 4 Juli 2019. Ook al zijn deze stoffen volgens de APE Research Council niet zeer toxisch voor mensen, lijkt het prudent ze vanwege de hun door de EU toegeschreven ernstige milieutoxiciteit en hun plaatsing op de autorisatielijst, te plaatsen in de minst veilige categorie, veiligheidsklasse 5.

- **Vetzuren en zepen (stearinezuur, oliezuur)**

Vetzuren zijn normale bestanddelen van de dagelijkse voeding, meestal in de vorm van vetten (esters van glycerol en vetzuren), maar ook als zodanig. In de darm worden vetten omgezet in monoglyceriden en vetzuren (Guyton, 1991). Zepen zijn natrium- of kaliumzouten van vetzuren; in waterige oplossing zullen ze dissociëren in een zuurrest (het vetzuur-ion) en natrium- of kaliumionen. In zuur milieu (zoals de

maag) zullen deze zouten voornamelijk als (niet gedissocieerd) vetzuur aanwezig zijn. Dientengevolge is er fysiologisch gezien weinig tot geen onderscheid tussen vetzuren en hun zouten (zepen), zeker als het om relatief geringe inname gaat die het zuur-base evenwicht in het lichaam niet zullen beïnvloeden. Volgens informatie van de papier- en kartonproducent wordt in flotatie het liefst gebruik gemaakt van verzadigde vetzuren, zonder additieven, met natronloog. Dit dient daarom als uitgangssituatie voor de beoordeling.

Oliezuur en stearinezuur behoren tot de familie van de vetzuren. (beiden C-18 vetzuren, het één enkelvoudig onverzadigd, het ander verzadigd)vetzuren. Beiden stoffen worden door de US FDA herkend als GRAS (generally recognized as safe (Food and Drug Administration, n.d.-a, n.d.-b) hetgeen betekent dat vetzuren worden gezien als laag toxisch. In Engeland heeft het ministerie van gezondheid een dieetreferentiewaarde voor vetzuren vastgesteld van 1.7 gram vetzuren/ kg bw/d, wat aangeeft dat het een gewenst bestanddeel is van een normaal dieet.

De Human and Environmental Risk Assessment HERA project heeft in 2002 een beoordeling voor vetzuren uitgevoerd (HERA, 2002). Deze beoordeling laat zien dat de toxiciteit van vetzuren laag is; in een 24 weken durende orale studie werden ratten gevoerd met oliezuur (dosis van 15%). Er werden geen negatieve gezondheidseffecten gerapporteerd en de NOAEL werd gesteld op 13 g/kg lg/ dag.

Op basis van het feit dat vetzuren een normaal onderdeel van het dieet zijn, en hun toxiciteit zeer laag is (NOAELs in grammen/kg lichaamsgewicht/dag), wordt veiligheidsrangorde 1 toegewezen.

- **Oplosmiddelen**

C12-C14 koolwaterstoffen

Er zijn geen gezondheidkundige evaluaties of toxiciteitsonderzoeken specifiek voor deze groep gevonden. In principe horen ze bij de productie stroom van aardolieproducten waar ook minerale oliën onder vallen. Feitelijk kunnen ze ook onderdeel uitmaken van de mengsels die minerale oliën zijn. Afhankelijk van de zuiverheid van de gebruikte producten kunnen daar ook MOAH inzitten. De veiligheidsclassificatie die aan deze categorie moet worden gegeven is niet duidelijk, aangezien informatie over mogelijke samenstelling en over de toxiciteit van specifiek deze groep ontbreekt. Vanuit het oogpunt van vermindering van MOAH in het gerecyclede product kunnen deze verbindingen een risico vormen.

Glycolethers

Het meest recent overzicht van de toxiciteit van glycolethers is opgesteld door branchevereniging van de Europese chemische industrie, ECETOC (ECETOC, 2005a, 2005b).

Het merendeel van de glycolethers vertoont weinig acute toxiciteit, terwijl sommige irriterend zijn voor de ogen, ze vertonen geen genotoxiciteit en ook de carcinogeniteitstudies die met een aantal glycolethers zijn gedaan zijn negatief (ECETOC, 2005a).

Grofweg zijn er twee categorieën glycolethers: ethyleenglycolethers en propyleenglycolethers. De systemische toxiciteit van ethyleenglycolethers wordt veroorzaakt door hun alkoxyazijnzuurmetabolieten. De methyl- en ethylethers van ethyleenglycol kunnen beenmergaafbraak, testikeldegeneratie, ontwikkelings- en

immuuntoxiciteit veroorzaken. De langerketenige ethyleenglycol ethers veroorzaken geen van deze effecten, maar bloedarmoede. De toxiciteit van propyleenglycol ethers is geheel anders, aangezien ze geen alkoxy metaboliëten kunnen vormen; ze veroorzaken matige effecten in de lever. (ECETOC, 2005a)

In D-1 staat een overzicht van alle NOAELs of LOAELs vermeld voor sleutelstudies na orale toediening. Als meerdere studies werden vermeld, is de laagst gerapporteerde waarde opgenomen in de tabel.

Tabel D-1 Overzicht mate van toxiciteit van verschillende glycol ethers in sleutelstudies met orale toediening

Data ontleend aan (ECETOC, 2005b). In de kolommen staan de NOAELs van de studies of de LOAELs als bij de laagste dosis al effecten zijn waargenomen. De LOAELs staan schuin gedrukt.

Naam	CASRN	RepDose	Dev	Repro	Neuro	Immuno	Carc	V-klasse ^a
Ethyleenserie								
EGME	109-86-4	50 (subac)	25	8.1	--	--	--	3
EGMEA	110-49-6	62,5 <i>(subac)</i>	1225	--	--	pos	--	3
EGDME	110-71-4	250 <i>(subac)</i>	30	--	--	--	--	3
DEGME	111-77-3	190 <i>(subac)</i>	200	--	--	neg	--	2
DEGDME	111-96-6	684 <i>(subac)</i>	25	--	--	--	--	3
TEGME	112-35-6	400 <i>(semchr)</i>	500	--	3900	--	--	2
TEGDME	112-49-2	62,5 <i>(subac)</i>	125	440	1000	250	--	2
EGEE	110-80-5	93 <i>(semchr)</i>	23	210	--	neg	neg	3
EGEEA	111-15-9	500 <i>(subac)</i>	--	930	--	neg	--	1
EGDEE	629-14-1	NAD	25	--	--	--	--	3
DEGEE	111-90-0	250 <i>(semchr)</i>	--	200	--	--	--	2
DEGDDEE	112-36-7	--	200	--	--	--	--	2
TEGEE	112-50-5	750 <i>(subac)</i>	1000	--	--	--	--	1
EGnPE	2807-30-9	195 <i>(subac)</i>	2000	--	--	--	--	2
EGnPEA	20706-25-6	1100 <i>(subac)</i>	--	--	--	--	--	1
EGPhE	122-99-6	80 <i>(semchr)</i>	--	375	--	--	--	2
EGBE	111-76-2	76 <i>(semchr)</i>	30	--	--	neg	neg	3

Naam	CASRN	RepDose	Dev	Repro	Neuro	Immuno	Carc	V-klasse ^a
EGBEA	112-07-2	400 (subac)	--	--	--	--	--	2
DEGBE	112-34-5	50 (semchr)	500	500	neg	--	--	2
TEGBE	143-22-6	--	1000	--	--	--	--	1
Propyleenserie								
2PG1ME	107-98-2	920 (semchr)	370	949	--	--	--	1
2PG1MEA	108-65-6	300 (subac)	--	1000	--	--	--	1
1PG2ME	1589-47-5	1800 (subac)	--	--	--	--	--	1
1PG2MEA	70657-70-4	2600 (subac)	2000	--	--	--	--	1
DPGME	34590-94-8	200 (subac)	--	--	--	--	--	2
2PG1EE	1569-02-4	1800 (subac)	--	--	--	--	--	1
DPGEE	30025-38-8	50 (semchr)	--	50	--	--	--	2
DPGPE	29911-27-1	150 (semchr)	--	--	--	--	--	2
2PG1BE	5131-66-8	350 (semchr)	--	--	--	--	--	1

CASRN = CAS-nummer, Carc = carcinogeniteitsstudie, DEV = ontwikkelingstoxiciteitsstudie, Immuno = immunotoxiciteitsstudie, NAD = no adequate data, neg = negatief, Neuro = neurotoxiciteitsstudie, pos = positief, RepDose = "repeated dose"-studie, Repro = reproductietoxiciteitsstudie, semchr = semichronisch, subac = subacuut, V-klasse = veiligheidsklasse

^a Afgeleid op basis van de laagste orale NOAEL. De LOAELs zijn door 3 gedeeld om de NOAEL af te leiden.

De toxiciteit van de ethyleenglycolethers kan behoorlijk variëren, lopend van veiligheidsklasse 1 tot en met 3. Als de gebruikte ethylkeenglycolethers niet bekend zijn, moet uit voorzorg veiligheidsklasse 3 worden aangehouden. Ook de toxiciteit van de propyleenglycolen kan variëren, maar in mindere mate, namelijk van veiligheidsklasse 1 tot 2, en over het algemeen zijn ze minder toxisch dan de ethyleenglycolen. Als de exacte identiteit van de gebruikte propyleenglycolen niet bekend is, dan moet uit voorzorg veiligheidsklasse 2 worden aangehouden. Als het überhaupt niet bekend is of ethyleen- dan wel propyleenglycolen worden gebruikt, dan moet uit voorzorg veiligheidsklasse 3 worden aangehouden.

Coagulatie/flocculatieagentia

Op basis van de publicatie van Bajpai (P. K. Bajpai, 2010) is deze groep van stoffen opgenomen in de lijst van stoffen die gebruikt worden bij flotatie. In deze publicatie wordt echter niet nader ingegaan op welke stoffen hiervoor gebruikt worden. Om deze reden kan er geen veiligheidsrangorde hieraan toegewezen worden.

Referenties

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (n.d.). Hydrogen Peroxide, CAS number: 7722-84-1. Retrieved July 20, 2010, from <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=55>
- Bajpai, P. (2014). Recycling and Deinking of Recovered Paper. *Elsevier Inc.*
- Bajpai, P. K. (2010). Solving the problems of recycled fiber processing with enzymes. *BioResources*, 5(2), 1311–1325.
- ECETOC. (2005a). The Toxicology of Glycol Ethers and its Relevance to Man (Fourth Edition). Volume I. *Technical Report No. 95. Technical Report (Vol. I)*.
- ECETOC. (2005b). The Toxicology of Glycol Ethers and its Relevance to Man (Fourth Edition). Volume II - Substance Profiles. *Technical Report (Vol. II)*. Retrieved from <http://www.ecetoc.org/wp-content/uploads/2014/08/ECETOC-TR-095-Vol-II.pdf>
- ECHA. (n.d.). 1-isopropyl-2,2-dimethyltrimethylene diisobutyrate. Repeated dose toxicity: oral. Retrieved December 20, 2017, from <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/13895/7/6/2>
- ECHA. (1977). Disodium dihydrogen ethylenediaminetetraacetate. Retrieved July 20, 2011, from <https://echa.europa.eu/nl/registration-dossier/-/registered-dossier/14817/7/6/2>
- ECHA. (2012). Characterisation of dose [concentration]-response for human health. In *Guidance on information requirements and chemical safety assessment*. Retrieved from https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r8_en.pdf
- EFSA. (2016). Safety assessment of the active substance polyacrylic acid, sodium salt, cross-linked, for use in active food contact materials. *EFSA Journal*, 14(7).
- EFSA, & WHO. (2016). Review of the Threshold of Toxicological Concern (TTC) approach and development of new TTC decision tree. *EFSA Supporting Publication 2016:EN-1006*, (February), 1–50.
- European Commission. (2011). Food Additives: Sodium carbonates. E 500. Retrieved October 1, 2017, from https://webgate.ec.europa.eu/foods_system/main/?sector=FAD&auth=SANCA&event=substance.view&identifier=220
- European Commission. (2017). Commission Regulation (EU) 2017/999 of 13 June 2017 amending Annex XIV to Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH). Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0999&from=EN>
- European Commission Food Additives database. (2017). Sodium carboxy methyl cellulose, cellulose gum. Internal Ref. No.: 00191. Retrieved July 20, 2011, from https://webgate.ec.europa.eu/foods_system/main/index.cfm?event=substance.view&identifier=191

- European Food Safety Authority. (2007). Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) on a request from the Commission related to a 5th list of substances for food contact materials. *The EFSA Journal*, 109, 1–26.
- European Food Safety Authority. (2013). Scientific Opinion on the safety evaluation of the active substances , sodium carbonate peroxyhydrate coated with sodium carbonate and sodium silicate , bentonite , sodium chloride , sodium carbonate for use in active food contact materials. *The EFSA Journal*, 10(3).
- FAO/WHO. IPCS Inchem. (n.d.). Hydrogen peroxide. Retrieved November 1, 2017, from <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/40abcj11.htm>
- FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (1965). Sodium Hydroxide. Retrieved November 1, 2017, from http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecval/jec_2154.htm
- Food-Info. (n.d.). E452 Polyphosphates. Retrieved from <http://www.food-info.net/uk/e/e452.htm>
- Food and Drug Administration. (n.d.-a). Code of Federal Regulations Title 21: Stearic acid. Retrieved November 1, 2017, from <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=184.1090>
- Food and Drug Administration. (n.d.-b). Select Committee on GRAS Substances (SCOGS) Opinion: Coconut oil, peanut oil, oleic acid (packaging), and linoleic acid. Retrieved November 1, 2017, from <https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/SCOGS/ucm261259.htm>
- Food and Drug Administration. (1973). Select Committee on GRAS Substances (SCOGS) Opinion: Carboxymethyl cellulose (packaging) and Sodium carboxymethyl cellulose. Retrieved November 1, 2017, from <https://www.fda.gov/food/ingredientspackaginglabeling/gras/scogs/ucm261244.htm>
- Guyton, A. C. (1991). Digestion and absorption in the gastrointestinal tract. In *Medical Physiology* (8th ed., pp. 726–735). Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- HERA. (2002). Fatty Acid Salts. Human Health Risk Assessment., 45. Retrieved from <http://www.heraproject.com/RiskAssessment.cfm>
- Human & Environmental Risk Assessment. (2009). Alcohol Ethoxylates. Retrieved November 1, 2017, from <http://www.heraproject.com/RiskAssessment.cfm>.
- Husovska, V. (2013). Investigation of Recycled Paper Deinking Mechanisms. Western Michigan University. Retrieved from <http://scholarworks.wmich.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1210&context=dissertations>
- IARC. (1979). IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risks to humans. Some monomers, plastics and synthetic elastomers, and acrolein (Vol. 19). Retrieved from <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol1-42/mono19.pdf>
- IPCS. (n.d.). Hydrogen Peroxide. Poisons Information Monograph 946. Retrieved October 1, 2017, from <http://www.inchem.org/documents/pims/chemical/pim946.htm>

- Jamnicki, S., Handke, T., Harting, M., Lozo, B., & Jakovljević, M. (2015). Deinking possibilities in the reduction of mineral oil hydrocarbons from recovered paper grades. *Cellulose Chem. Technol.*, 49(7–8), 677–684.
- JEFCA. (1973). Calcium Chloride. Retrieved from http://www.inchem.org/documents/jecfa/jeceval/jec_305.htm
- Jiang, C., & Ma, J. (2000). De-inking of waste paper: Flotation. *Enzymatic Deinking Technologies*, 2537–2544.
- Laurijssen, J., Faaij, A., & Worrell, E. (2013). Benchmarking energy use in the paper industry : a benchmarking study on process unit level, 2001, 49–63.
- OECD. (2002a). Calcium Chloride. SIDS Initial Assessment Report For SIAM 15. Retrieved from https://www.google.co.za/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwin3-bdgfrKAhWLPPhQKHbijB04QFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.inchem.org%2Fdocuments%2Fsids%2Fsids%2F10043524.pdf&usq=AFQjCNERXCDjJqG SshuNUSRt2Y_81cL3zg&bvm=bv
- OECD. (2002b). Sodium Carbonate. SIDS Initial Assessment Report For SIAM 15. Public Health. Retrieved from www.inchem.org/documents/sids/sids/Naco.pdf
- OECD. (2004a). Sodium Dithionite. SIDS Initial Assessment Reports for For SIAM 19. Retrieved from <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/7775146.pdf>
- OECD. (2004b). Soluble Silicates. SIDS Initial Assessment Report for Paris, SIAM 18. Unep Publications. Paris. Retrieved from <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/solublesilicates.pdf>
- Papierpraat. (n.d.). Ontinkten en reinigen factsheet. Retrieved March 1, 2017, from <http://www.papierpraat.nl/woordenboek/ontinkten-en-reinigen-factsheet/?searchterm=edta>
- Sillanpää, M. (1997). Environmental fate of EDTA and DTPA. *Rev Environ Contam Toxicol*, 152, 85–111.
- Svensson, R. (2011). The influence of surfactant chemistry on flotation deinking. Chalmers University of Technology.
- The Alkylphenols & Ethoxylates Research Council (APERC). (n.d.). Homepage of website. Retrieved May 1, 2017, from <http://alkylphenol.org>
- TUD. (2016). Extraktion von Altpapier und Altpapierstoffen mit überkritischem CO₂ – eine Möglichkeit zur Entfernung von kritischen Inhaltsstoffen aus trockenem Altpapier.
- Venditti, R. (n.d.). Lecture: Deinking Washers. Retrieved May 1, 2017, from <http://www4.ncsu.edu/~richardv/documents/Presentation108HODetailedpart2.pdf>
- VNP/PRN. (2017). *VNP/PRN, mondelinge en schriftelijke communicatie in kader van dit onderzoek*.
- WHO. (1974). Toxicological evaluation of certain food additives with a review of general principles and specifications. *Seventeenth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. Geneva, Switzerland.
- WHO JEFCA. (1973). Disodium Ethylenediaminetetraacetate. Retrieved from http://www.inchem.org/documents/jecfa/jeceval/jec_667.htm

WHO JEFCA. (1982). Phosphoric acid and Phosphate salts. Retrieved July 20, 2011, from <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v17je22.htm>

Zhu, J., & Tan, F. (2005). On fiber rejection loss in flotation deinking. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 83(2), 377–382.

E Analyserapport papier- en kartonproducent

E.R. Verheij

20 december 2017

Inleiding

Deze annex beschrijft de resultaten van analytisch onderzoek aan monsters uit twee verschillende recycling lijnen, FOI-6/PM-1 (papier) en RCF/PM-2 (karton). In de eerste, de papier lijn wordt flotatie (2x) toegepast (om papier te ontinkten/wit maken) in de tweede lijn, een kartonlijn wordt geen flotatie, maar alleen een reinigingsstap gebruikt. Door monsternamen van de RCF/PM-2 lijn te nemen, kan inzicht verkregen worden in de effecten van een reinigingsstap. Doel van het onderzoek was 1) het bepalen van de effectiviteit van dubbele flotatie in eliminatie van MOSH/MOAH alsook van de verschillende sub-fases in dit proces, en 2) bepalen of er door toepassing van flotatie van oud papier tot nieuwe papier/karton nieuwe verbindingen geïntroduceerd worden (dan wel sterk toenemen in gehalte). Hiervoor zijn monsters genomen van ingangsmateriaal (oud papier), pulpmonsters uit beide lijnen en de eindproducten (papier en karton). De eindproducten zijn ook onderzocht met een migratietest zoals die wordt toegepast in de beoordeling van verpakkingsmaterialen voor voeding. Migratietesten van oud papier zijn niet uitgevoerd omdat het niet mogelijk is een representatief monster te nemen. Informatie over MOSH/MOAH en andere verbindingen in oud papier, en het effect van flotatie, wordt verkregen door GC-MS en MOSH/MOAH analyse van extracten van oud papier, pulpmonsters en de eindproducten. Opgemerkt dient te worden dat dit onderzoek alleen gericht is op potentie van flotatie in het minerale olie vraagstuk en niet als veiligheidsbeoordeling van het behandelde product voor voedselverpakkingsdoeleinden. De reden hiervoor is dat het papier dat met flotatie gemaakt wordt, niet bedoeld is voor voedselverpakkingsdoeleinden.

Papier, karton en pulp monsters

Papier en pulpmonsters van de papier- en kartonproducent zijn genomen in aanwezigheid van TNO op 4 augustus 2017. Papiermonsters zijn in plastic vuilniszakken gedaan voor transport en opslag. De pulpmonsters zijn in 500 ml HDPE potten met schroefdeksel gedaan (Gosselin LC500-01, 3 potten per monsternamenpunt). Deze monsters (tabel E-1) zijn de zelfde dag overgedragen aan monsterbeheer van Triskelion waarna experimenten en analyses zijn gestart.

Tabel E-1: overzicht van de monsters

#	Omschrijving	Type	Hoeveelheid droge stof voor analyse (gram)
3	Oud papier "OI Papier PM-1"	Papier	1.0
4	Oud papier "Balenveld PM-2"	Papier	1.0
5	Papier Eindproduct PM-1	Papier	1.0
6	Karton Eindproduct PM-2	Karton	1.0

7	Accept 1° trap voorflotatie (FOI-6)	Pulp	0.25
8	Toevoer dispergeerder (FOI-6)	Pulp	1.0
9	Uitvoer schijfindikker longfiber RCF	Pulp	1.0
10	Eindproduct MC1	Pulp	0.5
11	Uitvoer schroefpers longfiber RCF	Pulp	1.0

monsternummers beginnen bij 3 i.v.m. nog 2 andere monsters en er voor gekozen is om één nummering aan te houden

Het oud papier (#3) is verzameld door een medewerker van de papier- en kartonproducent in de oud-papierloods (geen toegang voor onbevoegden i.v.m. gevaarlijke situaties). Het oud papier (#4) is afkomstig van het balenveld waar een vrachtwagen beladen werd met een groot aantal balen. Tijdens het laden valt papier op de grond. Hieruit is een vuilniszak gevuld. Het is aannemelijk dat dit papier afkomstig is van verschillende balen. Er is getracht een zo representatief mogelijk monster te nemen door verschillende soorten oud papier te pakken (kranten, tijdschriften, boeken etc.).

De verwerking van oud papier tot nieuw papier/karton is een continuproces en geen batchproces. Dat betekent dat de monsters, genomen op een aantal punten in het proces, afkomstig zijn uit verschillend startmateriaal. Daardoor zijn exacte één op één vergelijkingen niet mogelijk. De enige manier om dit te doen is van elke stap in het recycling proces op meerdere dagen een monster te nemen om de variatie uit te middelen. De huidige monsternamen kan echter wel een indicatie geven van de potentie van flotatie in het minerale olie vraagstuk.

Methode

De analyses en migratietesten, m.u.v MOSH/MOAH, zijn uitgevoerd door Triskelion (Zeist, Nederland). De MOSH/MOAH analyses zijn uitgevoerd door SQTS (Zwitserland).

Kort samengevat is het volgende uitgevoerd:

- Migratietest van Papier PM-1 en Karton PM-2, volgens standaardprotocol, met Tenax als voedselsimulant.
- Extractie van gemigreerde verbindingen uit Tenax, gevolgd door analyse van:
 - o MOSH/MOAH (in enkelvoud uitgevoerd)
 - o NIAS met GC-MS met AT5 en AT1000 kolom (in enkelvoud uitgevoerd)
- Headspace GC-MS
- Extractie van alle monsters, papier en pulp, met dichloormethaan gevolgd door GC-MS en LC-MS analyse (in drievoud uitgevoerd)
- Extractie van alle monsters voor MOSH/MOAH analyses (enkelvoud)

Er is gebruik gemaakt van een interne standaard om de meetresultaten uit de migratietest kwantitatief te kunnen relateren aan een dagelijkse inname van een stof van 90 µg/dag bij de consumptie van voeding. Dit is ook gedaan bij de andere analyses, headspace en dichloormethaanextracten, om indien gewenst, pieken te kunnen kwantificeren (schatting). Voor LC-MS is dit niet mogelijk omdat het signaal niet alleen afhankelijk is van de hoeveelheid maar ook in sterke mate van de structuur van de verbinding.

De evaluatie van eventuele introductie van nieuwe verbindingen is visueel gedaan door de totaal ionen stroom chromatogrammen (TIC) te vergelijken. Dit geeft alleen informatie over verbindingen die in relatief grote hoeveelheden aanwezig. Hiervan zijn figuren opgenomen in Bijlage F. Daarin zijn met pijlen pieken aangegeven die nieuw of sterk verhoogd zijn t.o.v. oud papier. Als een nieuwe of verhoogde piek in het eindproduct, papier of karton, nog aanwezig is dan is getracht deze te identificeren door het massaspectrum te vergelijken met de NIST spectrabibliotheek. In de figuren zijn deze pieken, indien een goede match met de bibliotheek is gevonden, voorzien van de naam van de verbinding. De identificaties zijn niet geverifieerd middels metingen van referenties.

Resultaten

MOSH/MOAH

Migratietest

De Tenax monsters uit de migratietesten en een blanco zijn opgestuurd naar SQTS Zwitserland voor MOSH/MOAH metingen. De blanco bestond uit ongebruikt Tenax materiaal (uit de pot). In de tabel E-2 hieronder staan de gemeten gehalten en na blanco correctie in mg per monster. Dit zijn de hoeveelheden in de monsters wat overeenkomt met de hoeveelheid MOSH/MOAH afkomstig uit 1,17 dm² papier of karton. In de laatste twee kolommen staan de gehalten per kg voeding (blanco gecorrigeerde hoeveelheden gedeeld door 1.17 maal 6). De totale hoeveelheid MOSH/MOAH in voeding zijn 2,0 mg/kg voor karton (PM-2) en 0,94 mg/kg voor papier (PM-1).

Tabel E-2: resultaten minerale olie analyses

MOSH/MOAH (mg)	Gemeten			Na blanco correctie		mg/ kg voeding	
	papier	karton	blanco	papier	karton	papier	karton
MOSH / POSH C10-C16	0.052	0.05	0.042	0.01	0.008	0.05	0.04
MOSH / POSH C16-C20	0.094	0.08	0.044	0.05	0.036	0.26	0.18
MOSH / POSH C20-C25	0.086	0.15	0.036	0.05	0.114	0.26	0.58
MOSH / POSH C25-C35	0.12	0.22	0.052	0.068	0.168	0.35	0.86
MOSH / POSH C16-C25	0.18	0.23	0.08	0.1	0.15	0.51	0.77
MOSH / POSH C16-C35	0.3	0.45	0.132	0.168	0.318	0.86	1.63
MOAH C10-C16	<0.01	<0.01	0.015	0	0	0.00	0.00
MOAH C16-C25	0.016	0.044	<0.01	0.006	0.034	0.03	0.17
MOAH C25-C35	<0.01	0.04	<0.01	0	0.03	0.00	0.15
MOAH C16-C35	<0.026	0.084	<0.02	0.006	0.064	0.03	0.33
						0.94	2.00

*blanco correctie: bij <x is x gebruikt

** totaal is de som van MOSH/POSH C10-C16, C16-C20, C20-C25, C25-35 en MOAH C10-C16 , C16-C25, C25-35.

Uit papier migreert minder MOSH/MOAH dan uit karton. Het is echter niet mogelijk om daaruit te concluderen dat er minder in zit en dat dit door flotatie komt. Een

andere verklaring is namelijk dat dit komt papier dunner is dan karton bij gelijke hoeveelheden MOSH/MOAH in mg/kg in het materiaal. Uit MOSH/MOAH data na extractie met hexaan blijkt karton wel degelijk meer MOSH/MOAH bevat dan papier (zie hieronder).

Directe MOSH/MOAH analyse na directe extractie

In alle monsters is MOSH/MOAH gemeten na rechtstreekse extractie met hexaan (dit is uitgevoerd door SQTS). De resultaten zijn gecorrigeerd voor het % droge stof van de pulp monsters. De tabel hieronder geeft de hoeveelheid MOSH/MOAH in mg/kg monstermateriaal, d.w.z. papier of pulp (droge stof).

Tabel E-3: Resultaten minerale olie analyses (2)

	MOSH/POSH (mg/kg)						MOAH (mg/kg)				Totaal
	C10- C16	C16- C20	C20- C25	C25- C35	C16- C25	C16- C35	C10- C16	C16- C25	C25- C35	C16- C35	
OI Papier PM-1	25	150	300	380	450	830	<5	100	130	230	1085
OI Papier PM-1	24	130	240	370	370	740	<5	83	110	193	957
Balenveld PM-2	66	180	430	1200	610	1810	25	110	300	410	2311
Balenveld PM-2	22	80	120	230	200	430	<5	36	63	99	551
PM-1 papier	21	47	63	77	110	187	11	20	21	41	260
PM-2 karton	54	40	120	300	160	460	26	53	83	136	676
Accept 1e trap FOI-6	1636	509	305	618	815	1433	1418	302	182	484	4971
Toevoer dispergeerder FOI-6	153	258	175	187	433	620	120	160	123	282	1175
Eindproduct MC1	102	83	46	49	129	178	132	54	24	78	490
Uitvoer schijfindikker RCF	315	333	315	630	648	1278	324	241	176	417	2333
Uitvoer schroefpers RCF	137	185	180	343	365	708	137	133	116	249	1232

Samengevat zijn de resultaten:

- er is een groot verschil tussen de duplo's van oud papier Balenveld
- in karton PM-2 zit ca. 2.5 maal zo veel MOSH/MOAH als in papier PM-1
- het MOSH/MOAH gehalte in Accept 1^e trap FOI-6 zit heel erg veel MOSH/MOAH, veel meer dan in oud papier. Dit kan het gevolg zijn van fluctuatie in de tijd in combinatie met een n=1 steekproef van het oud-papier. Daarnaast bevat deze pulp maar ca. 3% vaste stof, waardoor meetwaardes met ca. 30 vermenigvuldigd zijn en verschillen door fluctuatie uitvergroot worden
- door flotatie (FOI-6) neemt de hoeveelheid MOSH/MOAH ongeveer een factor 4 af (verschil tussen 'accept 1^e trap' en 'toevoer dispergeerder')

- de volgende stappen (FOI-6) reduceren dit gehalte verder met ongeveer een factor 2 a 3 (verschil tussen 'toevoer dispergeerder' en 'eindproduct MC1')
- in de RCF lijn is de afname in MOSH/MOAH tussen de uitvoer van de schijfindikker en de schroefpers ongeveer een factor 2)

Andere verbindingen

GC-MS en LC-MS van Tenax extracten

De GC-MS chromatogrammen van de diethylether extracten van Tenax uit de migratietest staan in Appendix 1. De experimenten zijn in triplo uitgevoerd, en voor de overzichtelijkheid is er één, representatief, resultaat geselecteerd. Normaliter worden TIC (total ion current) chromatogrammen gebruikt voor evaluatie van de data, maar omdat er in de achtergrond een intens signaal bij m/z 28 aanwezig is, zijn chromatogrammen voor de totale intensiteit van m/z 30 t/m m/z 800 gebruikt. Dit geeft een betere signaal/achtergrond verhouding waardoor pieken beter zichtbaar zijn om verschillen in verontreinigingen tussen papier PM-1 en karton PM-2 te onderzoeken.

Voor de kwantificering, d.z.w. de vergelijking van de individuele pieken in het chromatogram met het signaal van de interne standaard (IS) die overeenkomt met een blootstelling van 90 µg/dag is de TIC gebruikt (omdat alle signalen in het spectrum moeten worden meegeteld, dus ook die onder m/z 30). In de bepaling van het 90 µg/dag niveau is een voedselinname van 300 gram gebruikt als 'worst-case' scenario. Dit betekent dus dat hierbij uitgegaan wordt van een situatie waarin 300 gram voedselproduct verpakt in de verpakking van gerecycled papier/karton dagelijks geconsumeerd wordt. Gezien het feit dat dit producten zoals rijst, ontbijtgranen, hagelslag, pasta etc betreft, wordt verondersteld dat dit tezamen met de veronderstelling dat alles in een keer migreert een worst case scenario is. In onderstaand overzicht is een overzicht gegeven van situaties waarin uitgegaan wordt van andere innamehoeveelheden.

Tabel E-4 laat het overzicht van de relatie tussen voedsel inname en de berekende factor voor de 90 µg/dag lijn ten opzichte van de IS (factor x hoogte piek IS) zien.

Tabel E-4: relatie voedselinname en berekende factor voor de blootstellingsdrempel

Inname (gram)	Factor IS
1000	5.7
300	19
150	38
100	57
50	114

Overzicht van de figuren van de GC-MS analyse van Tenax extracten in Bijlage D:
1 GC-MS AT1000 kolom, papier PM-1 en karton PM-2

- 2 GC-MS AT5 kolom, papier PM-1 en karton PM-2
- 3 GC-MS AT1000 kolom, papier PM-1 en karton PM-2 met 90 µg/dag lijn
- 4 GC-MS AT5 kolom, papier PM-1 en karton PM-2 met 90 µg/dag lijn

Resultaten:

- De chromatogrammen van papier PM-1 zijn aanzienlijk schoner dan die van het karton PM-2. Het merendeel van de pieken die in PM-2 gedetecteerd worden, zijn niet of in lagere mate aanwezig in PM-1 (lagere piek, of piek niet meer zichtbaar). Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit geen informatie geeft over het proces aangezien er geen vergelijking wordt gemaakt met het ingangsmateriaal.
- De gedetecteerde verbindingen in de Tenax zijn aanzienlijk lager dan een blootstelling van 90 µg/dag of meer, bij een voedselinname van 300 gram per dag.

Headspace GC-MS

In headspace analyses worden verbindingen die vrijkomen uit het monster bij verwarming (80°C) met GC-MS gemeten. De chromatogrammen van de headspace analyses staan in Appendix 1 (Figuren 5 t/m 13).

Overzicht van de figuren:

- 5 Headspace GC-MS analyse FOI-6/PM-1 (5 monsters)
- 6 als 5, tijd-as 10-20 min
- 7 als 5, tijd-as 20-30 min
- 8 als 5, tijd-as 30-40 min
- 9 Headspace GC-MS analyse RCF/PM-2 (4 monsters)
- 10 als 9, tijd-as 10-20 min
- 11 als 9, tijd-as 20-30 min
- 12 als 9, tijd-as 30-40 min
- 13 Vergelijking FOI-6/PM-1 en RCF/PM-2 lijnen

Resultaten FOI-6/PM-1

- Tijdens het proces worden er een aantal stoffen geïntroduceerd, echter deze komen niet in het geproduceerde papier terecht
- Er worden relatief weinig vluchtige stoffen in de headspace gemeten van Eindproduct MC1 en Papier PM-1

Resultaten RCF/PM-2

- Tijdens processing (RCF) komen er een aantal, 18, verbindingen bij waarvan er uiteindelijk 8 ook in het eindproduct PM-2 karton aanwezig zijn
- Identificatie geeft:

- Ethanol
- Methylbutanol, 2, 2 isomeren
- Methylhexanon
- Decaan (alkaan)
- Dodecaan (alkaan)
- Hogere alkaan dan vorige 2, niet duidelijk welke
- Eén piek geeft geen goede match

De vergelijking tussen PM-1 en PM-2 geeft aan dat Karton PM-2 significant meer en hogere gehalten van vluchtige verbindingen bevat dan Papier PM-1

GC-MS dichloormethaan extracten

Van alle monsters zijn dichloormethaanextracten gemaakt. De pulpmonsters zijn nat geëxtraheerd, waarbij de hoeveelheid nat materiaal is gecorrigeerd voor het percentage droge stof. Voor 2 monsters was dit niet goed mogelijk, waardoor een factor 4 en 2 minder droge stof is gebruikt (zie verder resultaten). De extracten zijn vervolgens een factor 20 geconcentreerd door indampen. De extracten zijn met 2 GC-MS methodes gemeten, met een AT5 en AT1000 kolom.

De chromatogrammen staan in Figuren 14 t/m 29 in Appendix 1. Overzicht van de figuren:

14 GC-MS AT5 FOI-6/PM-1 monsters

15 als 14, tijd-as 3.6-10 min

16 als 14, tijd-as 10-20 min

17 als 14, tijd-as 20-30 min

18 GC-MS AT1000 FOI-6/PM-1 monsters

19 als 18, tijd-as 4.3-15 min

20 als 18, tijd-as 15-25 min

21 als 18, tijd-as 25-35 min

22 GC-MS AT5 RCF/PM-2 monsters

23 als 22, tijd-as 3.8-15 min

24 als 22, tijd-as 15-25 min

25 als 22, tijd-as 25-35 min

26 GC-MS AT1000 RCF/PM-2 monsters

27 als 26, tijd-as 3.6-10 min

28 als 26, tijd-as 10-20 min

29 als 26, tijd-as 20-30 min

Voor het eindproduct PM-1 papier is met standaarden bepaald wat de intensiteit van een piek moet zijn om een inname van 90 µg/dag te vertegenwoordigen. In de bepaling van het 90 µg/dag niveau is een dagelijkse voedselinname van 300 gram gebruikt als 'worst-case' scenario. In Figuur 30 staan de chromatogrammen van PM-1 papier (AT5 en AT1000 GC-MS methode) daarin een lijn die een inname van 90 µg/dag representeert. Daaruit is duidelijk dat alle gedetecteerde verbindingen daar ver onder zitten.

Resultaten FOI-6/PM-1:

- Uit beide GC-MS methodes blijkt dat papier PM-1 aanzienlijk schoner is dan alle voorstappen.
- In de data verkregen met de AT1000 kolom is goed zichtbaar (Figuur 18) dat Papier PM-1 vooral schoner is voor stoffen met een korte retentietijd. Rond de 20 minuten zitten een groot aantal pieken die in het recycling

- proces nauwelijks afnemen. Uit identificatie blijkt dat dit langketenige alkanen zijn (ketenlengte ongeveer 20 tot 30+).
- In het proces worden nieuwe verbindingen gevormd, maar de meeste zijn niet terug te vinden in PM-1
 - De methode met AT5 kolom geeft 7 nieuwe/verhoogde verbindingen in papier PM-1:
 - o Nonaanzuur
 - o Alkanen, langketen 4 stuks
 - o Alkaan of alkanol (langketen alcohol)
 - o 1 onbekend, geen goede match verkregen
 - De methode met AT1000 kolom geeft 12 nieuwe verbindingen in papier PM-1:
 - o Alkaan, langketen, 6 stuks
 - o Alkanol (alcohol, ketenlengte ~ 20)
 - o 4 complexe mengpieken, die geen goede match geven, maar waarin wel duidelijk een alkaan in aanwezig is
 - o 2,2,4-trimethyl-penta-1,3-diol-di-isobutyrate, echter de bibliotheek bevat een aantal stoffen met een vergelijkbaar spectrum (ook allemaal veresterde diolen)
 - Alle gemeten verbindingen zitten ver onder de 90 µg/dag bij een voedselinname van 300 gram

Resultaten RCF/PM-2:

- In tegenstelling tot FOI-6/PM-1 bevat het karton nog heel veel verbindingen die ook in de 2 tussenstappen zitten. Wel is het veel schoner dan het oude papier van het balenveld.
- Net als voor papier is het karton PM-2 vooral schoner voor stoffen met een korte retentietijd in vergelijking met oud papier en de pulpmonsters.
- De methode met AT5 kolom geeft:
 - o vanaf retentietijd van 20 min een tiental verbindingen die verhoogd zijn in gehalte, dit zijn allemaal alkanen (langketen)
 - o 4 nieuwe verbindingen in karton PM-2:
 - Benzofenon
 - Tributylcitraat
 - Tereftaalzuur, di(2-ethylhexyl)ester of Tereftaalzuur, di-octylester
 - 16-hentriacontanon
- De data van de methode met AT1000 kolom is lastig te interpreteren. De vergelijking van pulpmonsters en karton PM-2 met het Balenveld papier wordt bemoeilijkt doordat het oude papier heel veel verschillende en grote hoeveelheden verbindingen bevat. Het chromatogram (figuren 26-29) van het oude papier is met een andere Y-schaal geplot dan die van pulp en karton PM-2. Daardoor lijkt het of heel veel pieken toenemen, terwijl dat in werkelijkheid niet altijd het geval is.
- De methode met AT1000 kolom geeft:
 - o vanaf retentietijd van 15 min een tiental verbindingen die verhoogd (lijken te) zijn in gehalte, dit zijn allemaal alkanen (langketen)
 - o plus nog 8 andere verbindingen die mogelijk geïntroduceerd zijn:
 - C17-heptacosane
 - Glyceroltriacetaat
 - 2,5 dichlorobenzamine

- 1,2-cyclohexaan-di-carbonzuur, di-nonyl ester en een 2^e piek met identiek spectrum
- 16-hentriacontanon
- 2 geven geen duidelijk match

De chromatogrammen laten duidelijk zien dat papier uit de proceslijn met flotatie significant schoner is dan karton uit de proceslijn zonder flotatie.

LC-MS dichloormethaan extracten

De dichloormethaan extracten zijn naast GC-MS ook met electrospray LC-MS gemeten in zowel positieve als negatieve ionen mode (ESI+ en ESI-). De chromatogrammen staan in Appendix 1, Figuren 30 t/m 33. Overzicht van de figuren:

31 LC-MS ESI+ FOI-6/PM-1 monsters

32 LC-MS ESI- FOI-6/PM-1 monsters

33 LC-MS ESI+ RCF/PM-2 monsters

34 LC-MS ESI- RCF/PM-2 monsters

In FOI-6/PM-1 lijn worden in het proces 4 verbindingen geïntroduceerd (ESI+ data).

In RCF/PM-2 lijn zijn dat er 5, 2 in ESI+ data en 3 in ESI- data.

In algemene zin kan worden opgemerkt dat er in vergelijking met GC-MS heel weinig verbindingen gemeten worden met LC-MS in de dichloormethaan extracten. Dit komt doordat LC-MS vooral geschikt is voor de analyse van stoffen met zure of basische functionele groepen omdat deze eenvoudig ioniseren. Andere stoffen zoals alkanen, aldehydes, alcoholen etc. kunnen niet met LC-MS geanalyseerd worden.

Identificatie van de pieken is niet mogelijk met de voorhanden data. Dit vereist aanvullende MS/MS metingen. Identificatie is met nauwkeurige massa-informatie en MS/MS moeilijk omdat er geen bibliotheken zoals voor GC-MS zijn. Bevestiging van de identificatie door meten van een referentie is essentieel.

Voor deze data is het niet mogelijk om een 90 µg/dag lijn te trekken. De respons van een stof in LC-MS wordt sterk beïnvloed door de structuur en de aan/afwezigheid van bepaalde functionele groepen in het molecuul. Respons factoren kunnen factor 100 of meer variëren: een kleine piek kan heel veel stof zijn terwijl een grote piek heel weinig stof kan zijn.

Conclusie

Het gebruik van flotatie resulteert in een significante reductie van het aantal en het gehalte van verbindingen in papier uit FOI-6/PM-1 in vergelijking met karton uit lijn RCF/PM-2.

De headspace analyse en de analyse van dichloormethaan extracten geeft een aantal verbindingen die in dit monster oud papier niet aanwezig zijn (of heel laag aanwezig zijn) en mogelijk in het proces (zowel FOI-6 als RCF) worden

geïntroduceerd. Dat zijn vooral langketenige alkanen. In FOI-6/PM-1 zijn naast de alkanen 3 andere verbindingen gevonden, en 1 waarvan de identiteit niet achterhaald kon worden met de NIST-bibliotheek. In RCF/PM-2 zijn naast de alkanen 8 andere verbindingen gevonden, en 2 waarvan de identiteit niet achterhaald kon worden met de NIST-bibliotheek.

Voor alle gedetecteerde verbindingen in de GC-MS analyses van de migratietest geldt dat voor de migratie naar voedingsmiddelen, rekening houdend met 300 gram consumptie van voeding per dag, de inname hiervan ruim onder de grens van 90 µg per dag zit. Dit geldt ook voor de dichloormethaan extracten van PM-1. De daadwerkelijke veiligheidsbeoordeling wordt in de raamwerkevaluatie gedaan.

F Figuren Analyserapport papier- en karton uit flotatieproces

Fig 1 – Tenax GC-MS AT1000

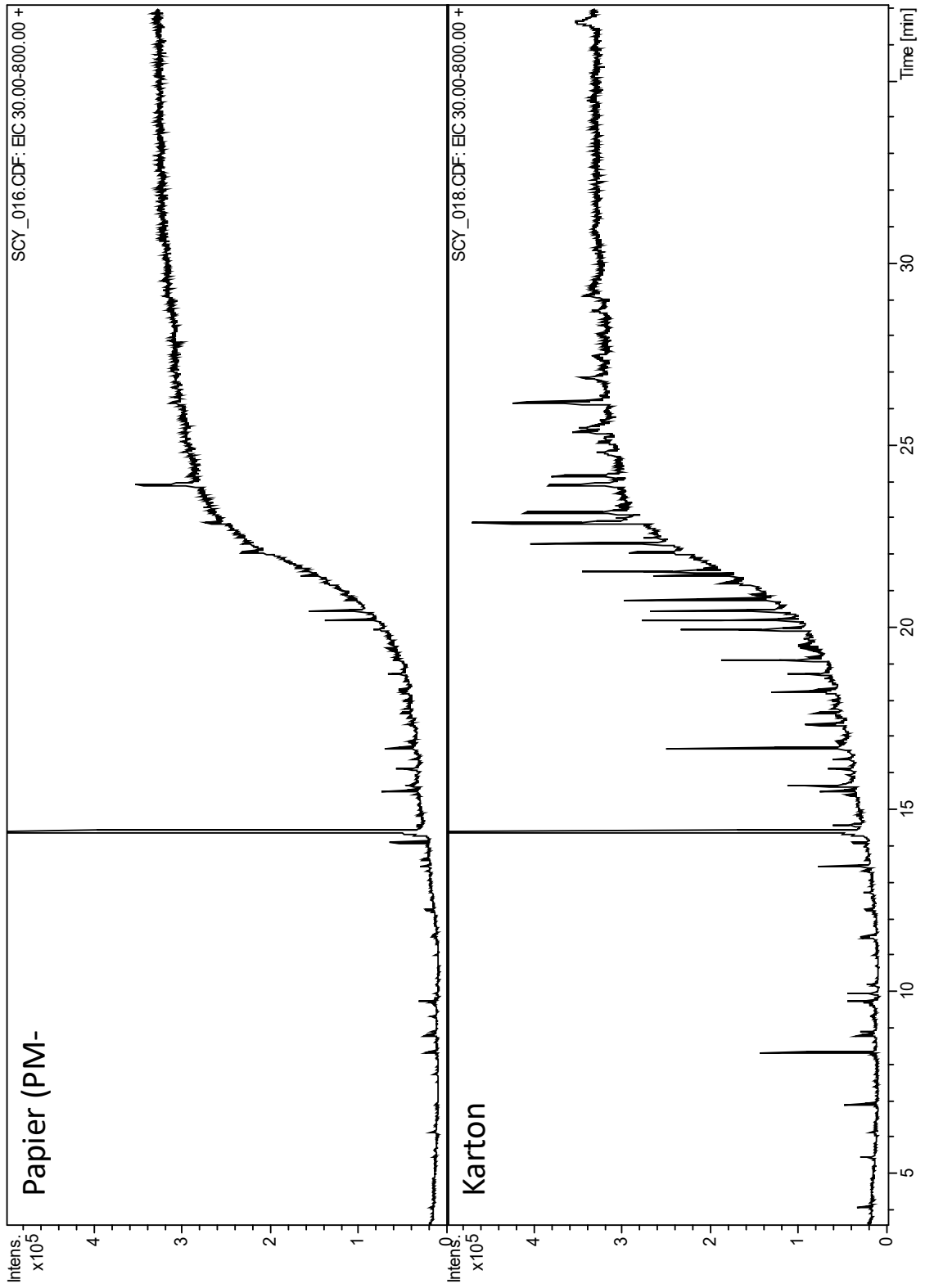


Fig 2 – Tenax GC-MS AT5

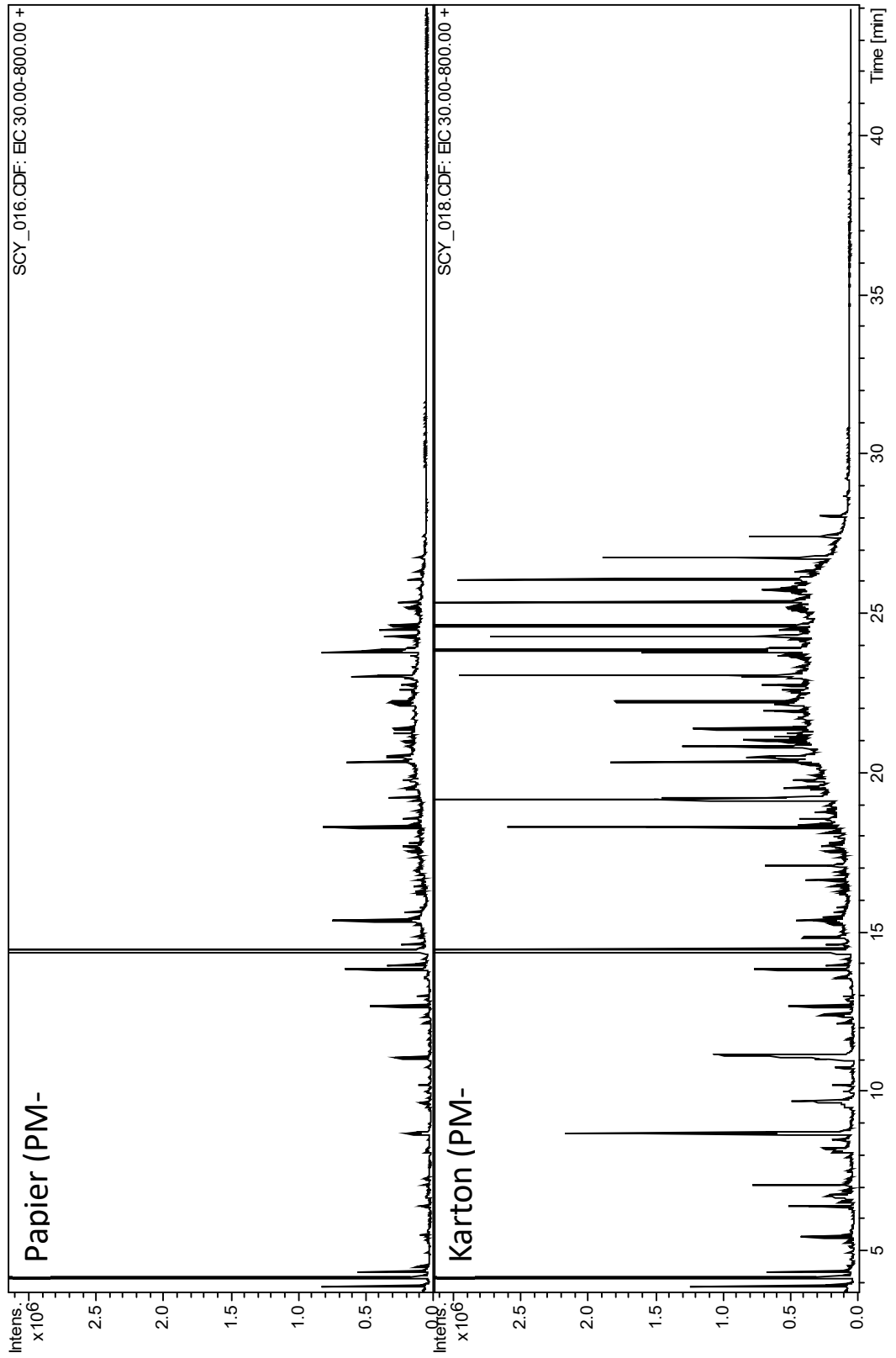


Fig 3– Tenax GC-MS AT1000 Inname 300gram per dag

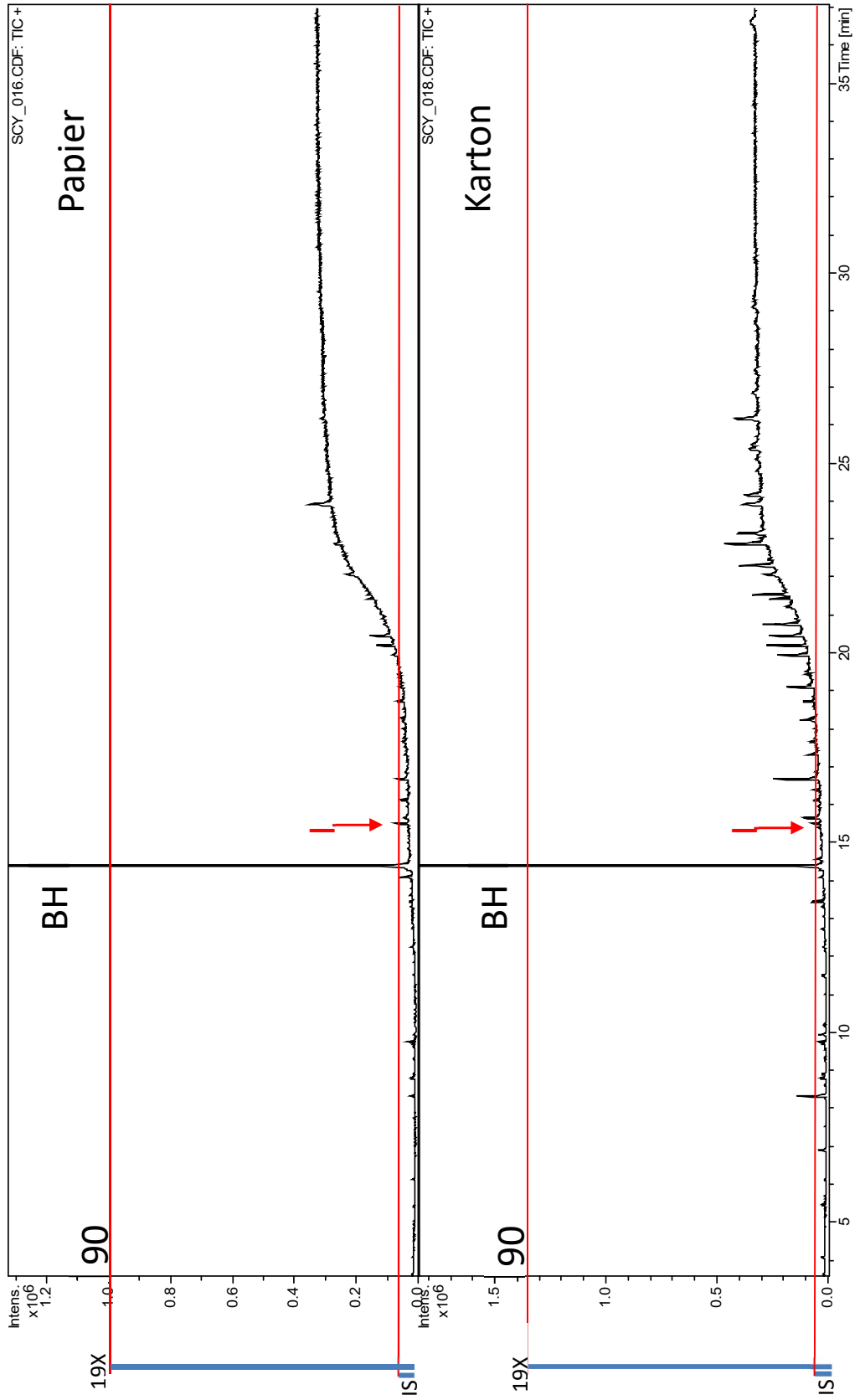


Fig 4– Tenax GC-MS AT5 Inname 300gram per dag

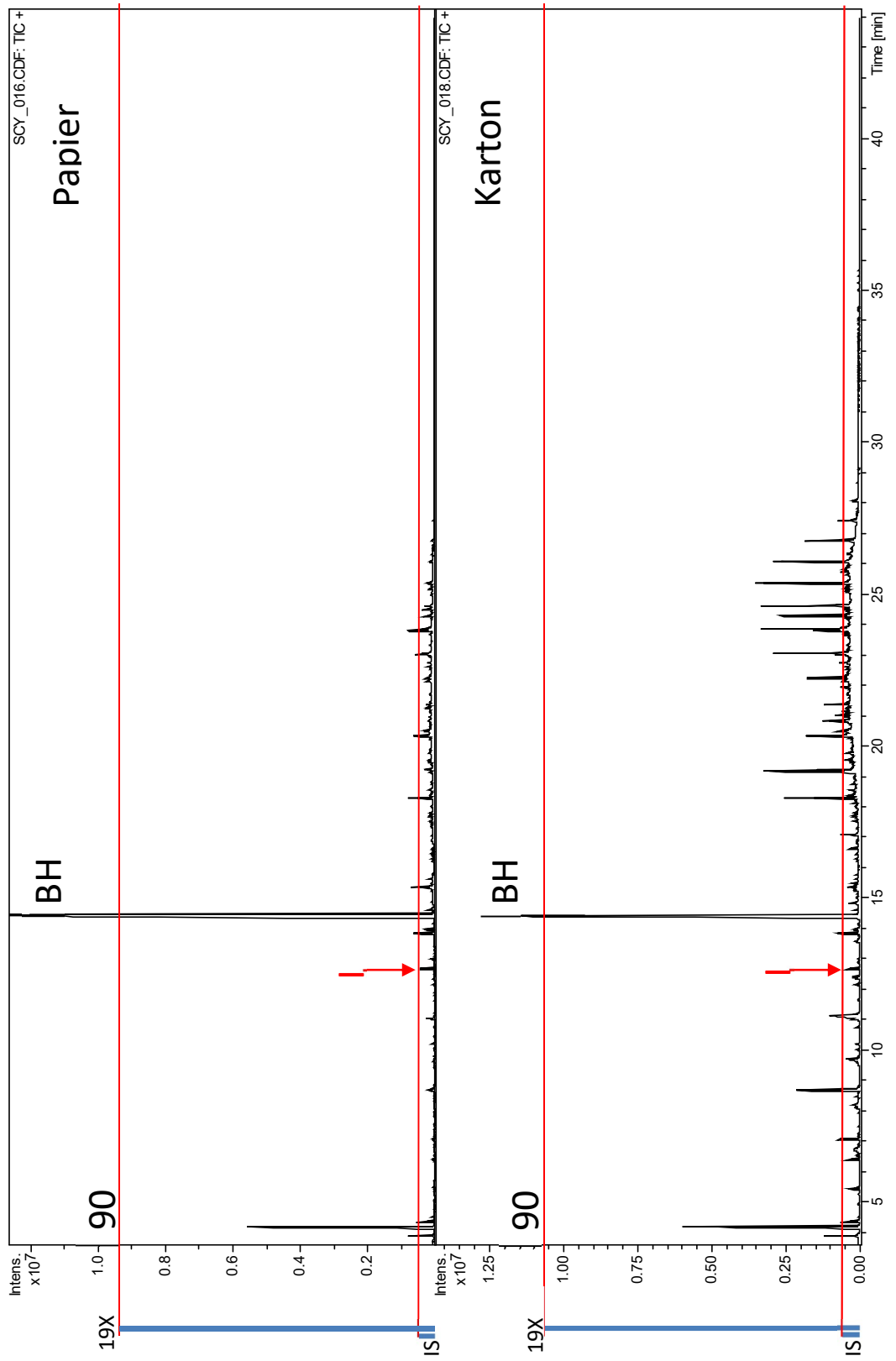
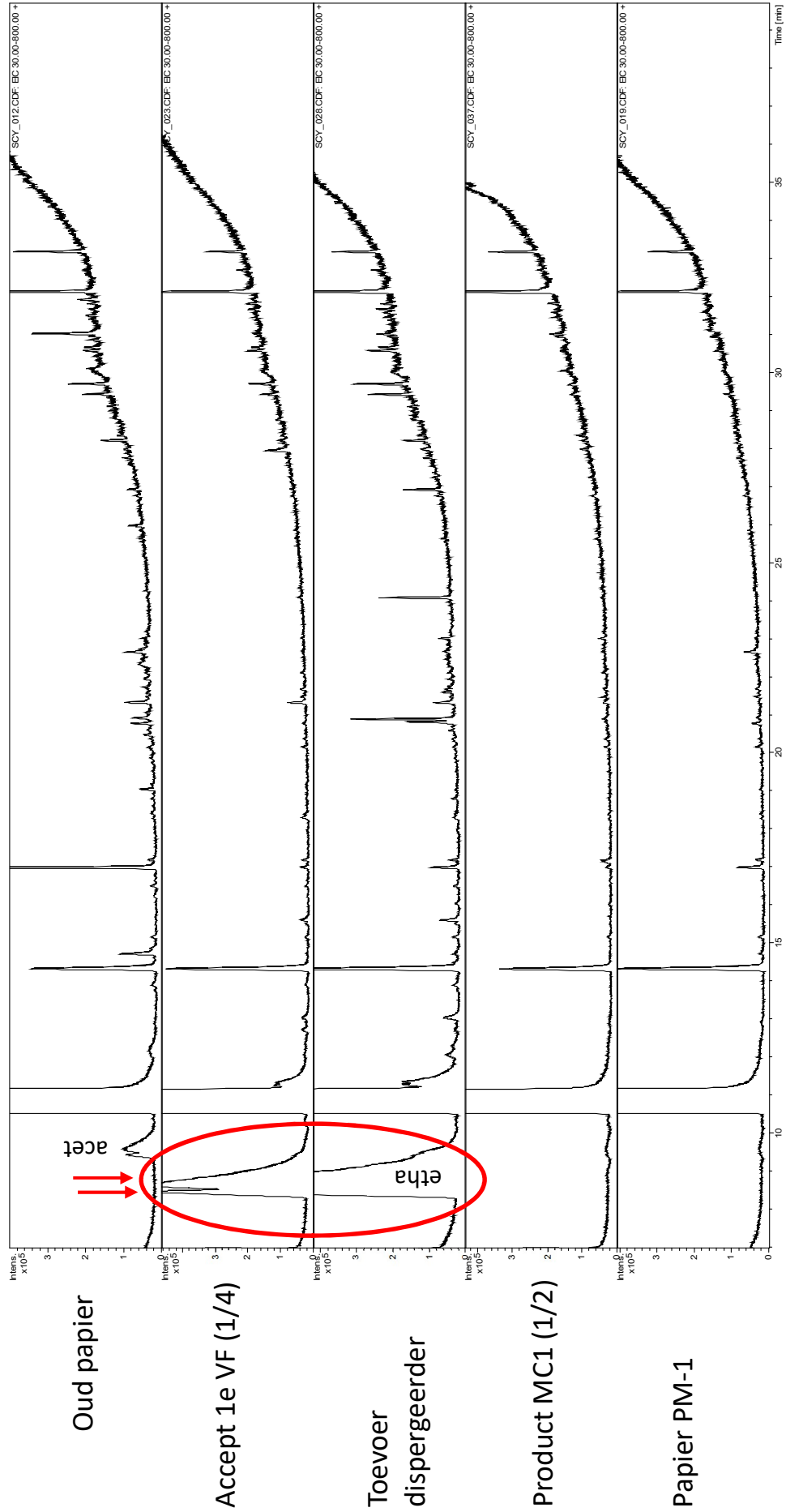
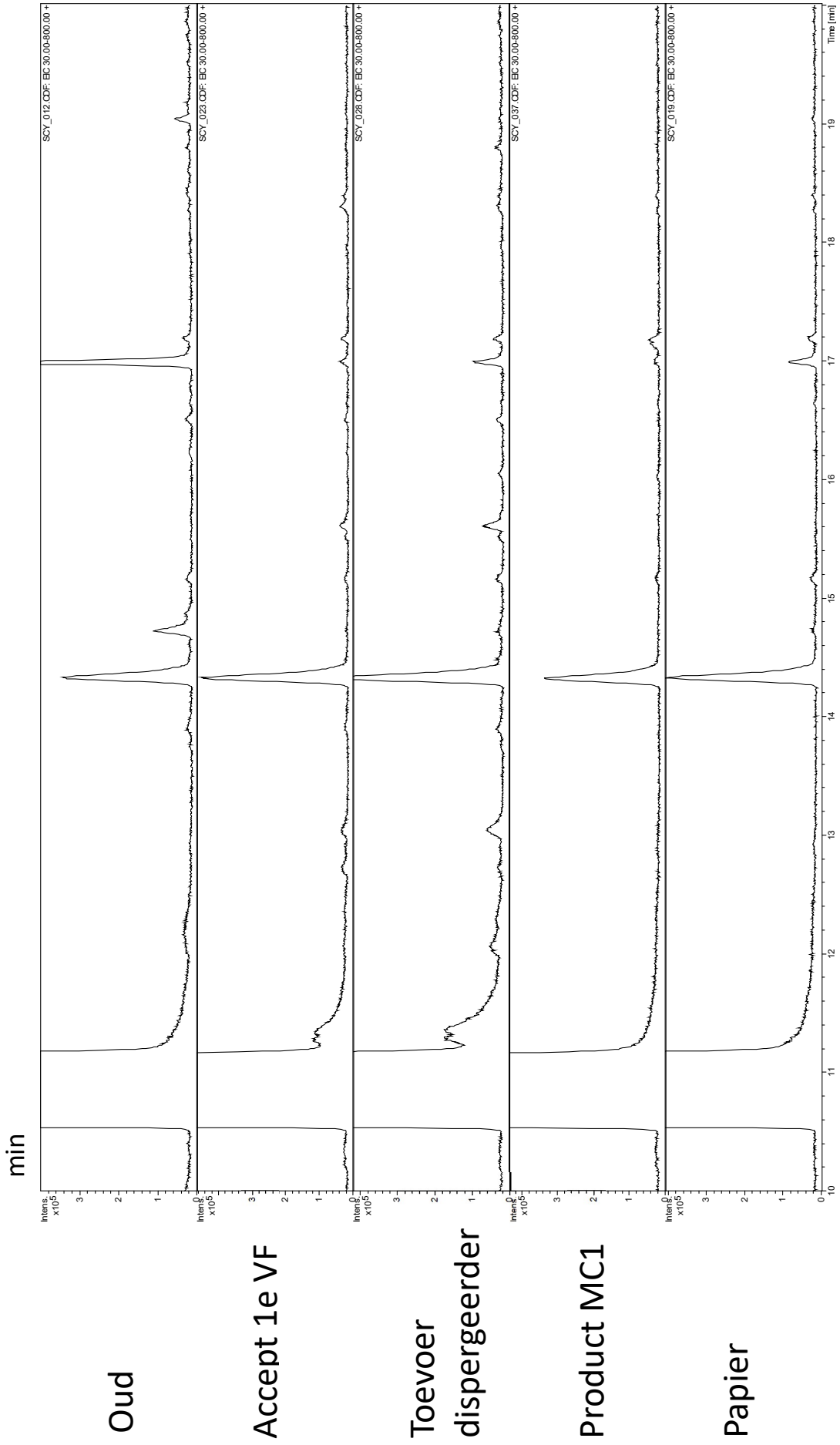


Fig 5 - Headspace GC-MS analyse FOI-



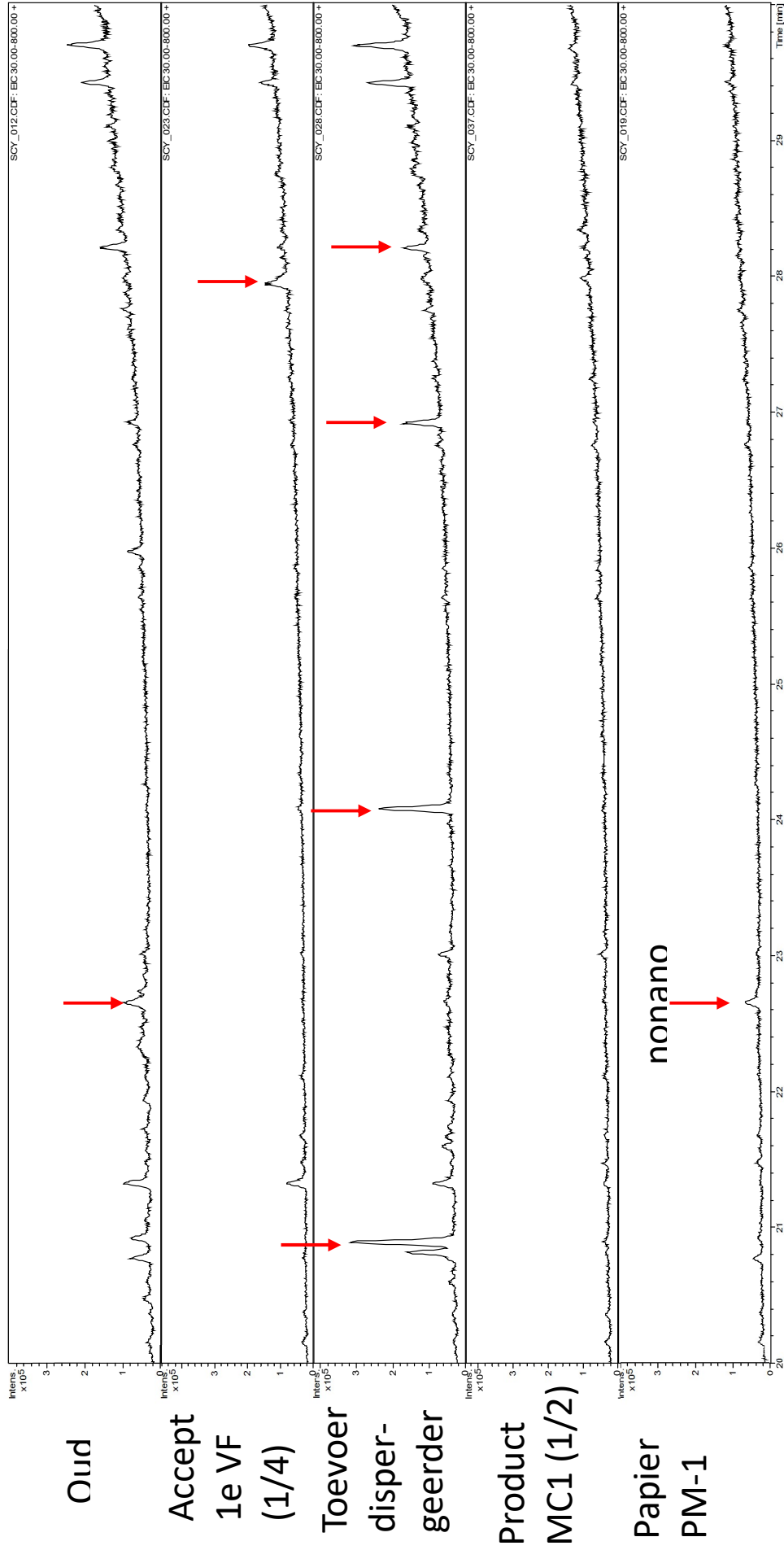
Grote hoeveelheden van ogenschijnlijk 2 bijzonder vluchtige verbindingen worden in het proces geïntroduceerd. Inspectie van de smelten geeft aan dat het om 1 component gaat. ethanol (alcohol) die in het verdere proces weer verwijderd wordt.

Fig 6 - Headspace GC-MS analyse FOI-6/PM-1 10-20



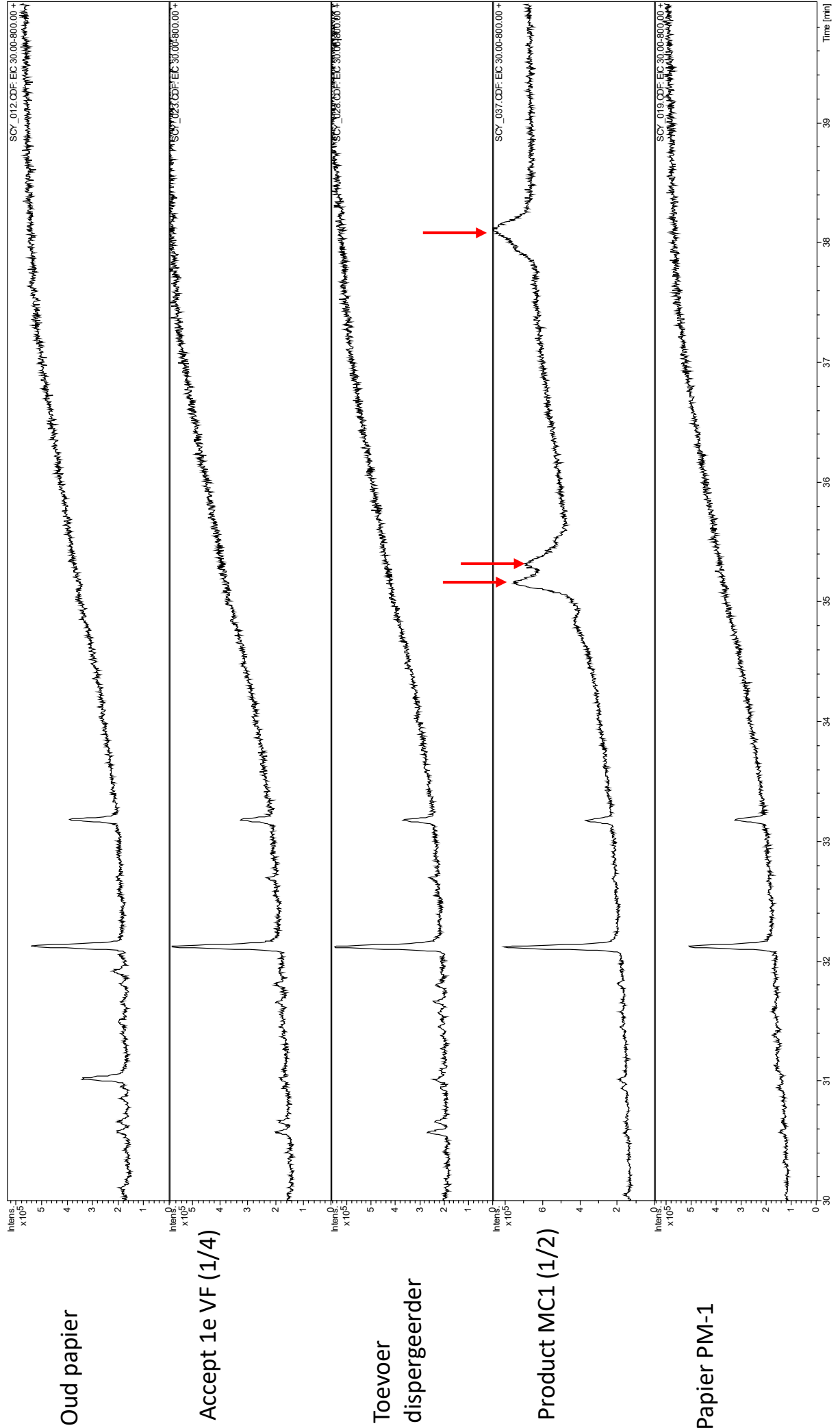
Geen nieuwe verbindingen in Papier

Fig 7 - Headspace GC-MS analyse FOI-6/PM-1 20-30 min



Tijdens proces nieuwe verbindingen, maar deze komen niet in Papier PM-1
 Piek bij 22.6 min zit in oud papier en PM-1 papier, maar niet in pulpmonsters uit FOI-6
 (nonanol)

Fig 8 - Headspace GC-MS analyse FOI-6/PM-1 30-40 min



Oud papier

Accept 1e VF (1/4)

Toevoer
dispergeerder

Product MC1 (1/2)

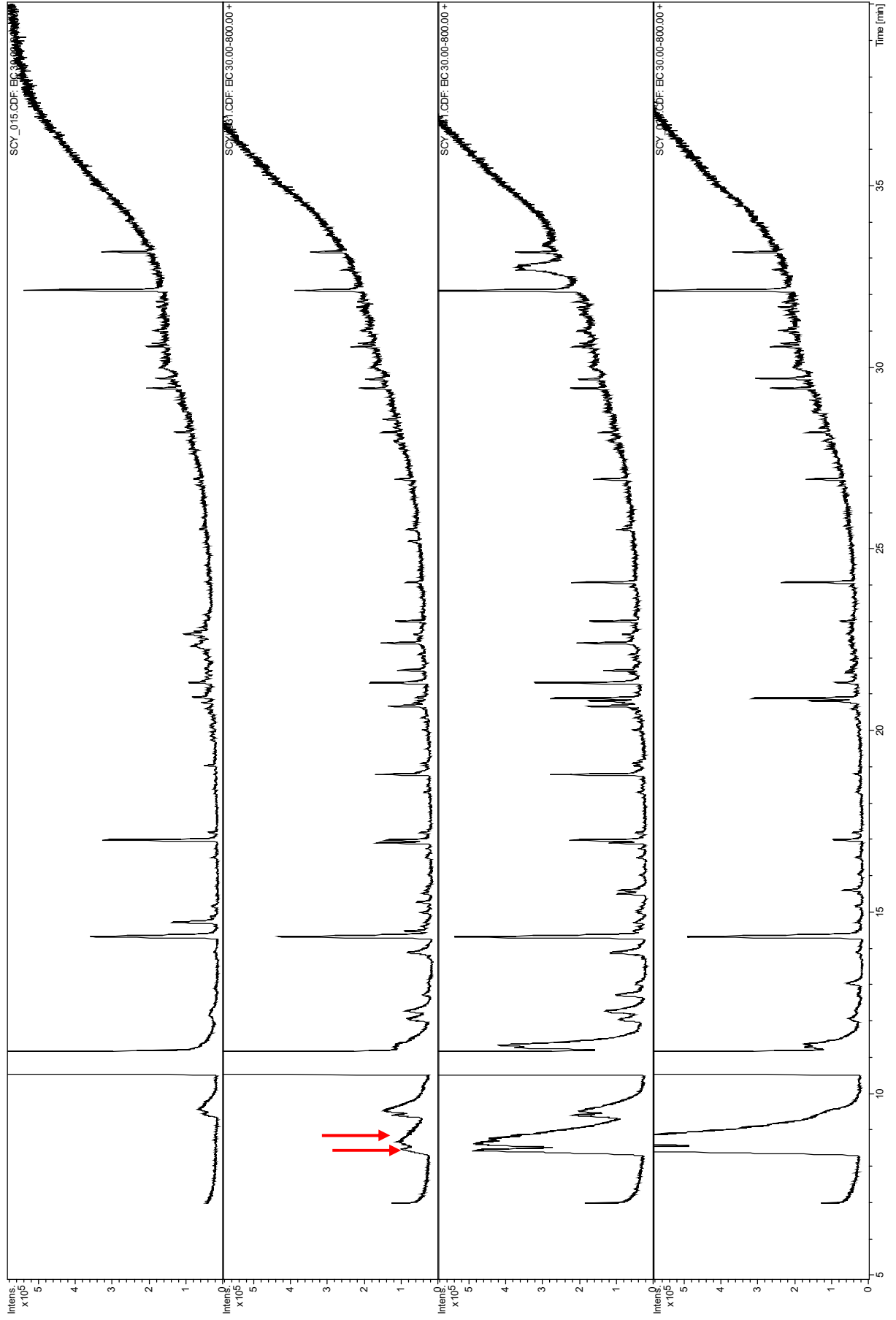
Papier PM-1

Tijdens proces nieuwe verbindingen, maar deze komen niet in Papier

PM-1

Identiteit onbeken (geen goede hit in NIST library search)

Fig 9 - Headspace GC-MS analyse RCF/PM-2



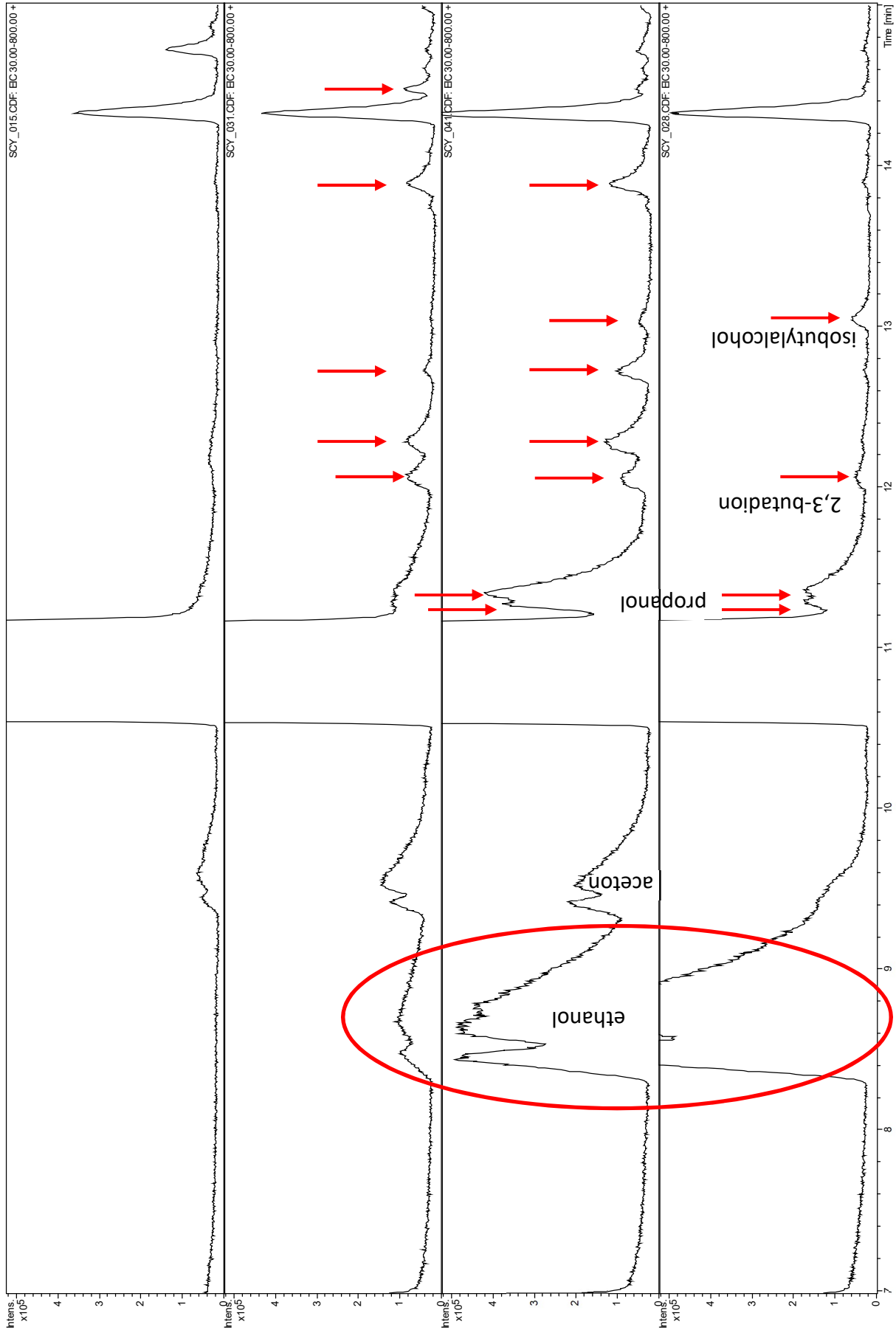
Oud papier
(balenveid)

Uitvoer
Schijfndikker
LF RCF

Uitvoer
Schroefpers
LF RCF

Karton PM-2

Fig 10 - Headspace GC-MS analyse RCF/PM-2 7-15 min



Grote hoeveelheden ethanol die in het proces geïntroduceerd wordt en ook in het karton PM-2 terecht komt. Daarnaast nog meerdere verbindingen geïntroduceerd tijdens proces waarvan 3 in karton PM-2 terecht komen

Fig 11 - Headspace GC-MS analyse RCF/PM-2 15-25 min



Oud papier
(balenveld)

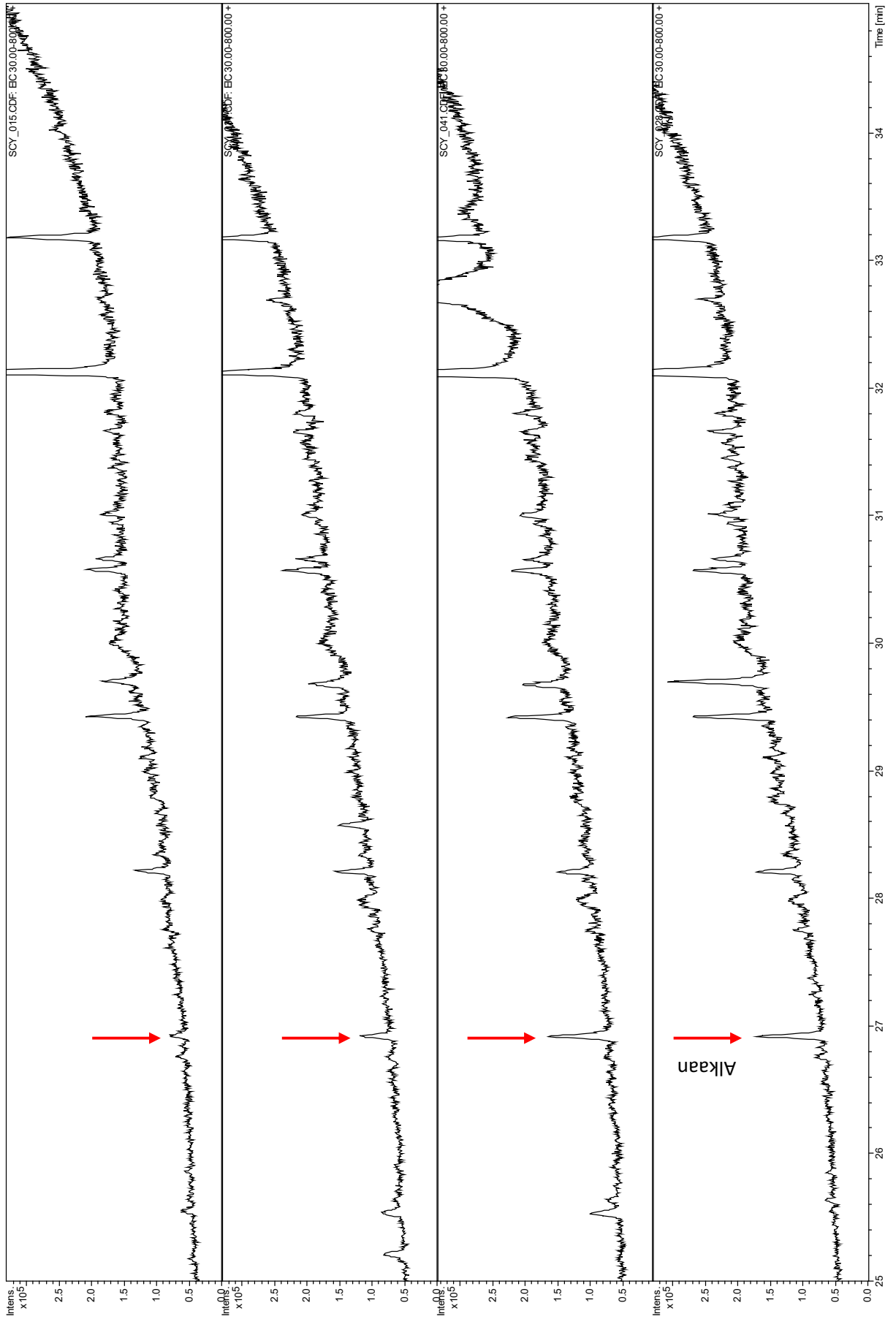
Uitvoer
Schijfindikker
LF RCF

Uitvoer
Schroefpers
LF RCF

Karton PM-2

meerdere verbindingen geïntroduceerd tijdens proces
waarvan 6 in karton PM-2 terecht komen

Fig 12 - Headspace GC-MS analyse RCF/PM-2 25-35 min



Oud papier
(balenveld)

Uitvoer
Schijfindikker
LF RCF

Uitvoer
Schroefpers
LF RCF

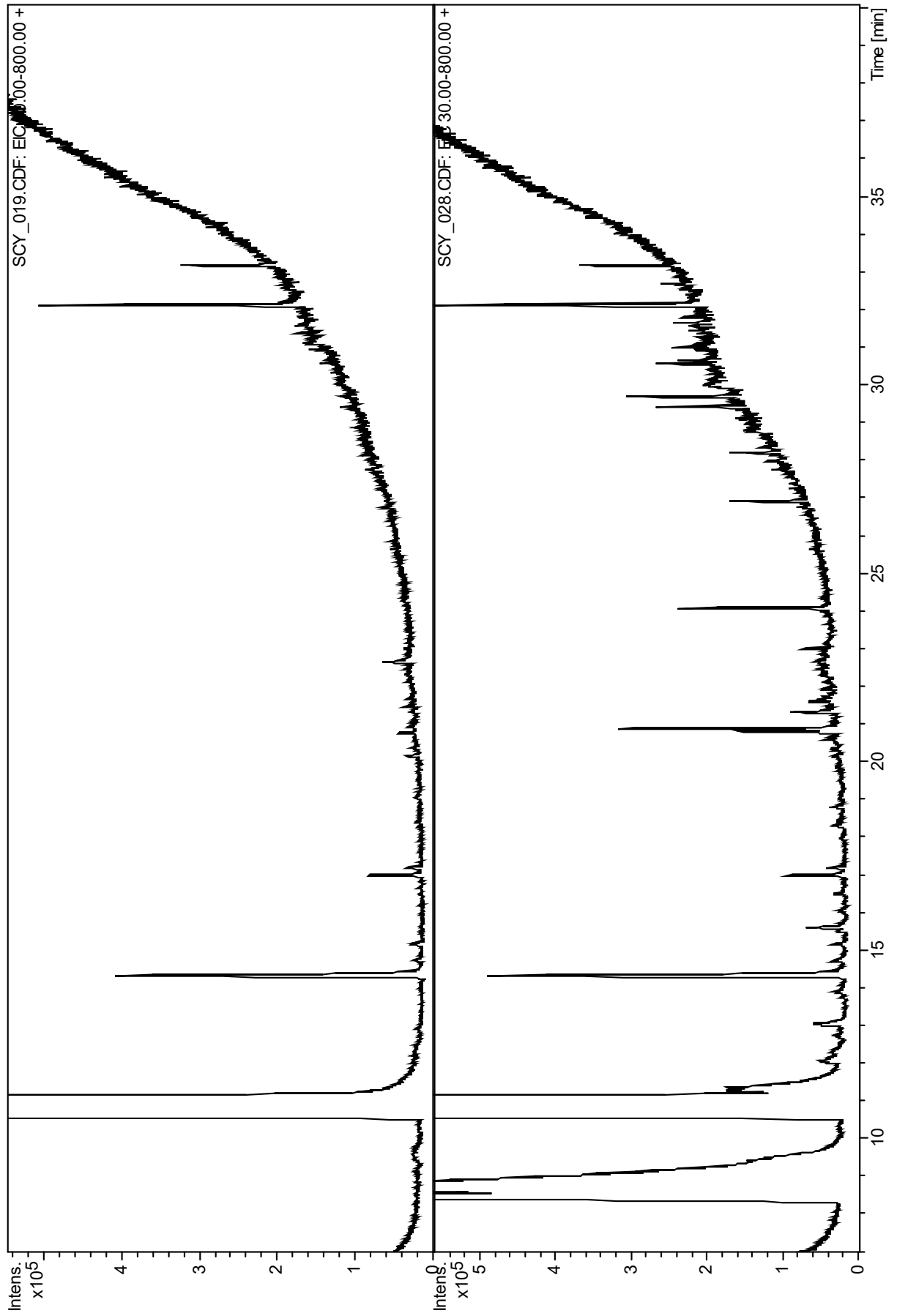
Karton PM-2

Alkaan

1 verbinding neemt toe in verwerking van oud

papier tot karton PM-2

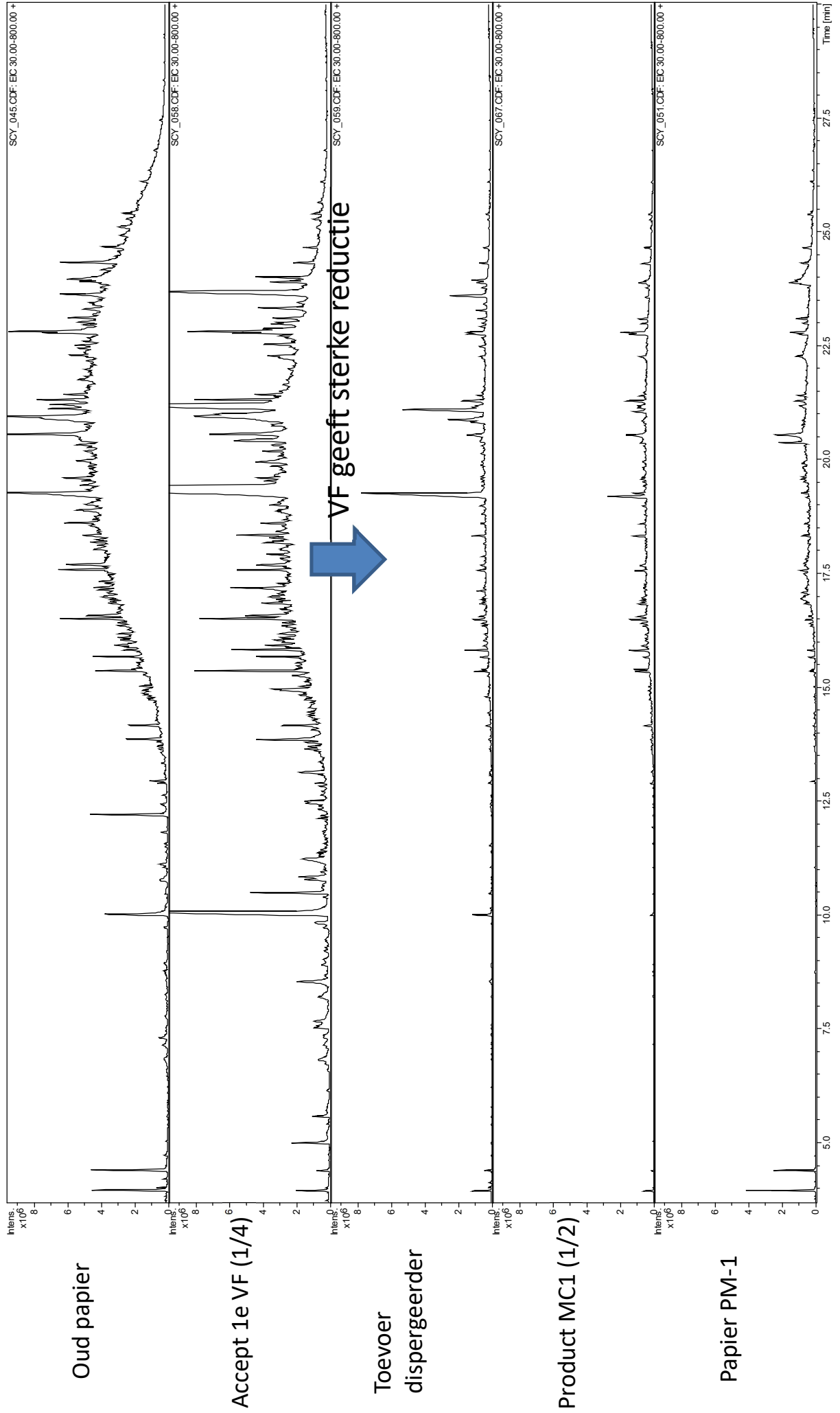
Fig 13 Headspace GC-MS analyse van Papier PM-1 en Karton PM-2



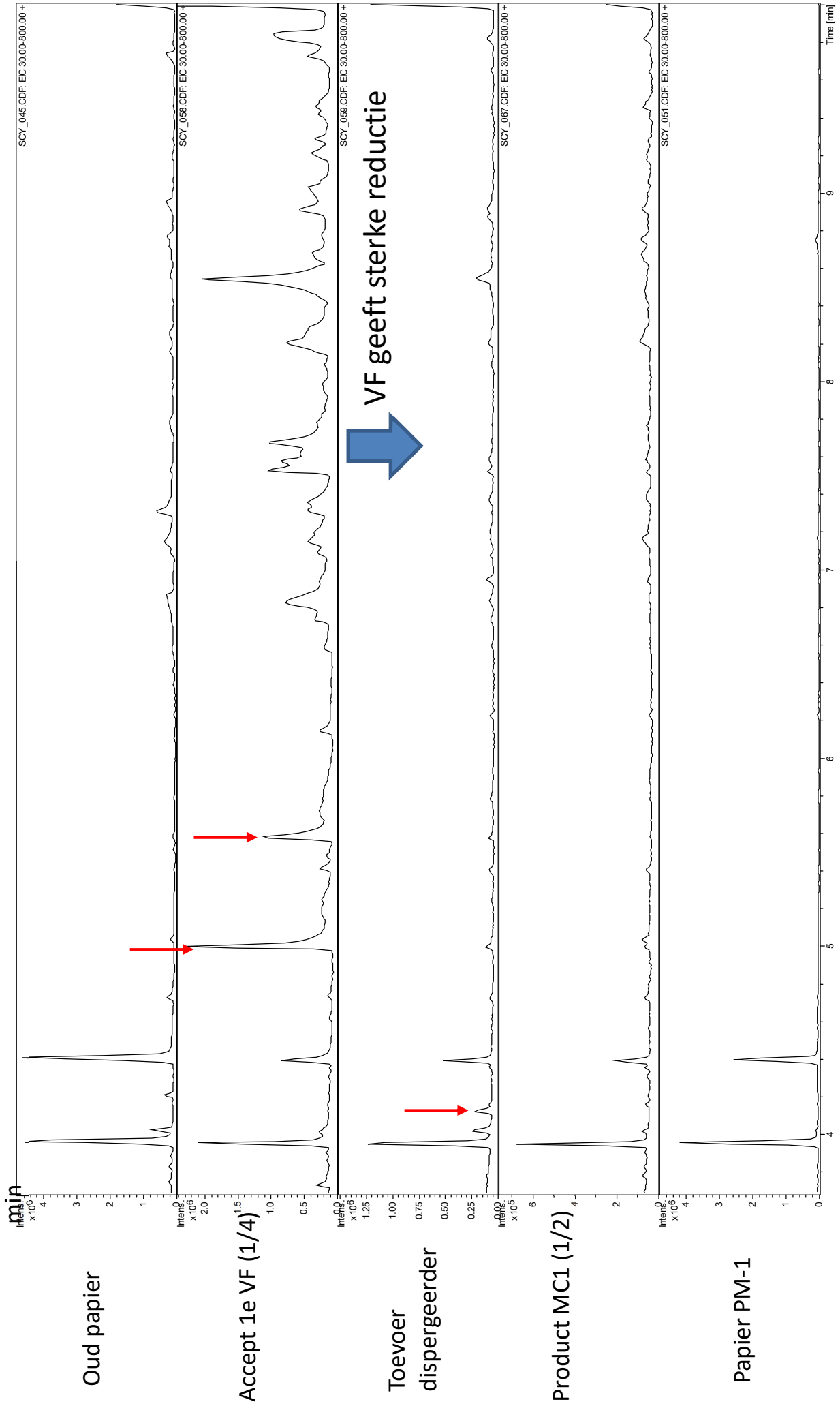
Papier PM-1:

Karton PM-2

Figuur 14 DCM extracten 20X GC-MS AT5 FOI-6/PM-1



Figuur 15 DCM extracten 20X GC-MS AT5 FOI-6/PM-1 3.6-10

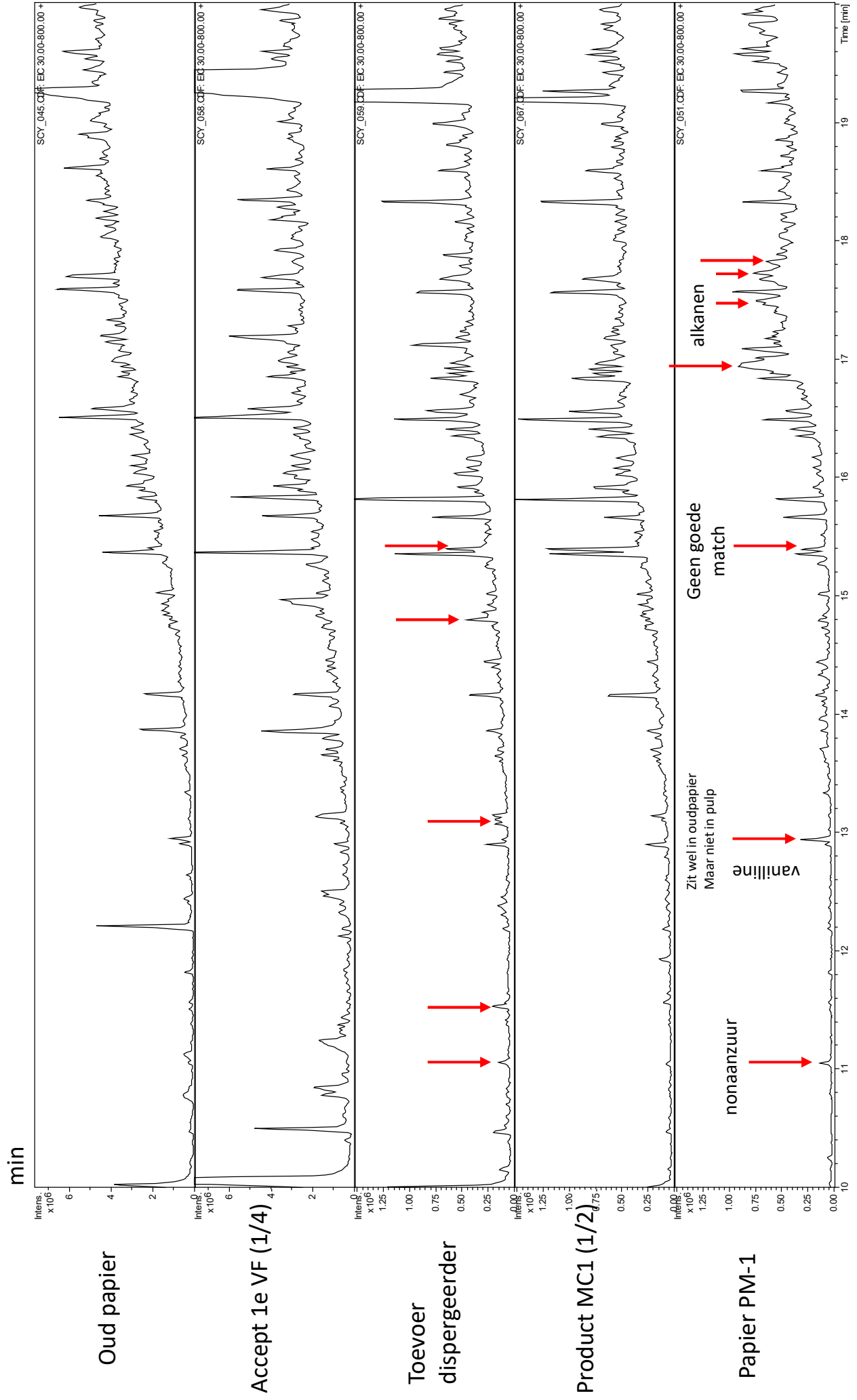


Tijdens proces nieuwe verbindingen, maar deze komen niet in Papier PM-1

Geen nieuwe stoffen in eindproduct PM-1

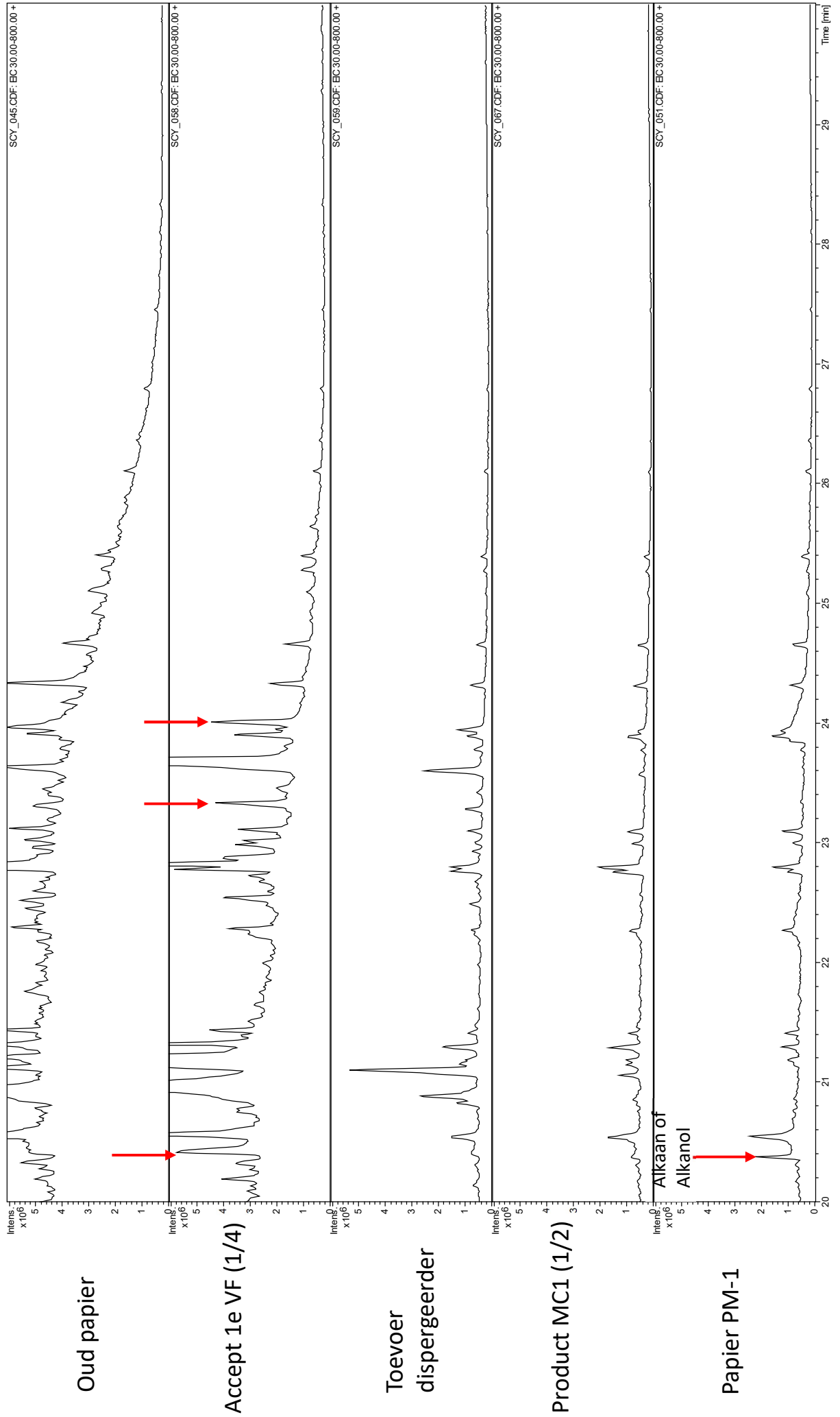
Voorflotatie is effectief in het verwijderen/reduceren van heel veel

Figuur 16 DCM extracten 20X GC-MS AT5 FOI-6/PM-1 10-20

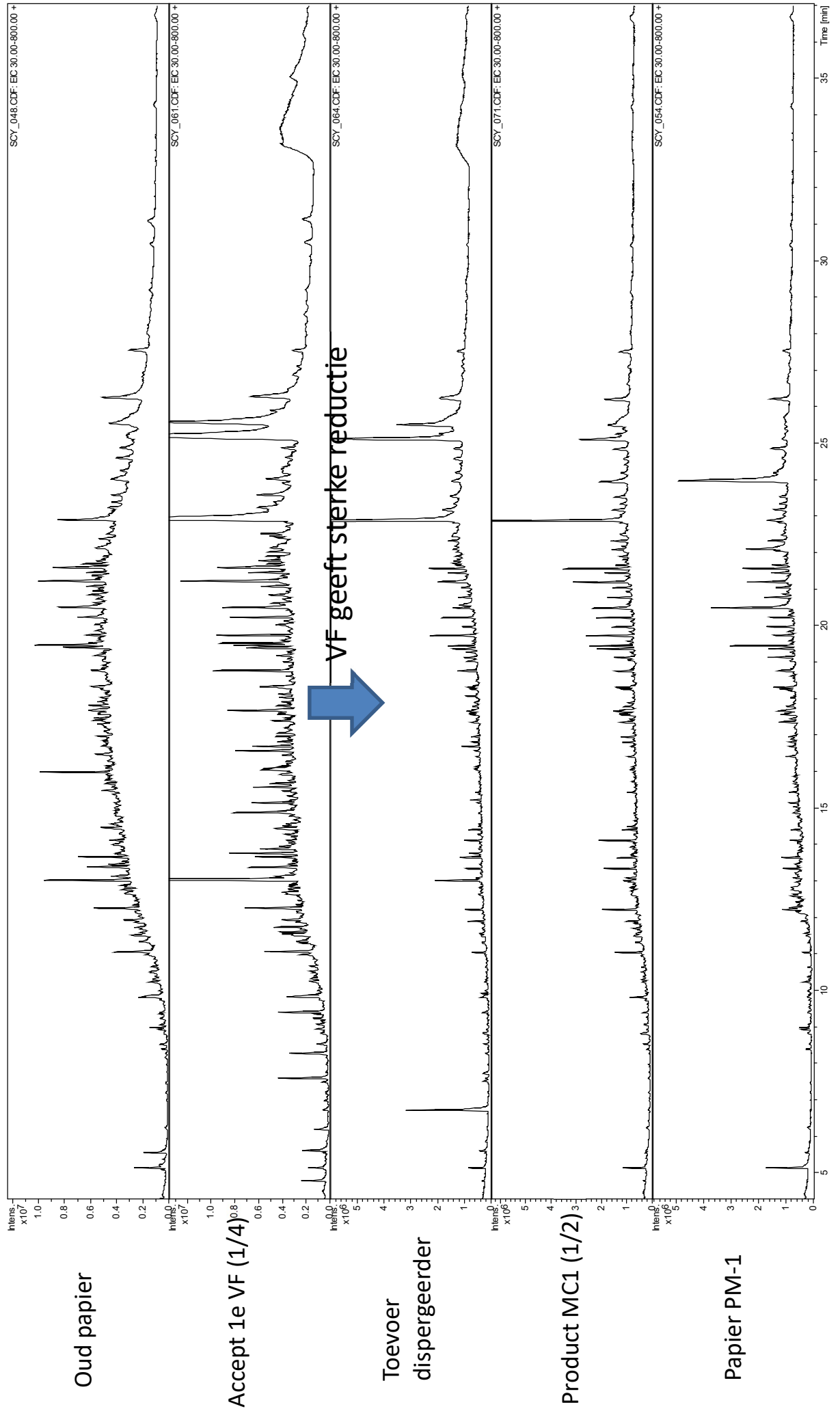


paar nieuwe stoffen in eindproduct

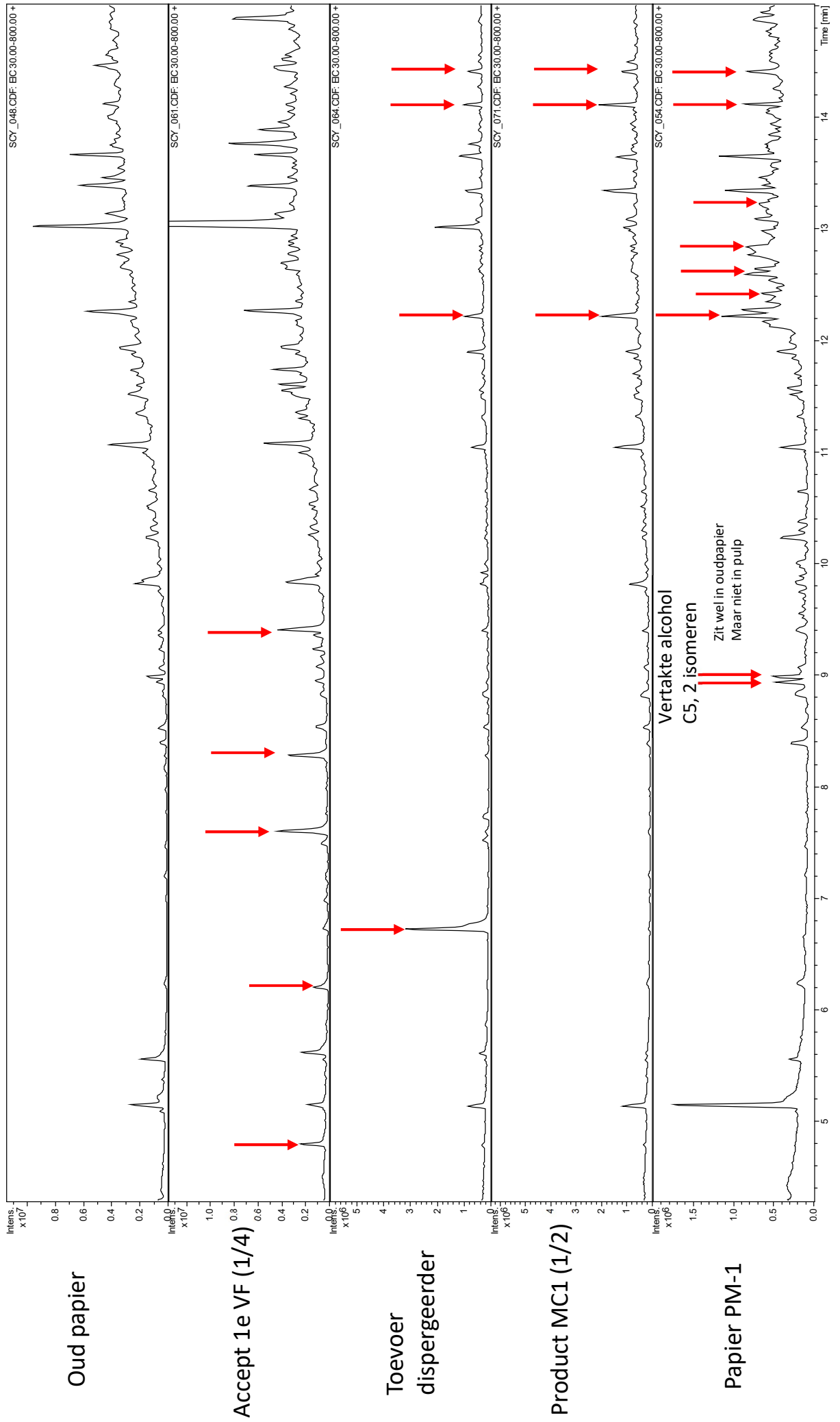
Figuur 17 DCM extracten 20X GC-MS AT5 FOI-6/PM-1 20-30min



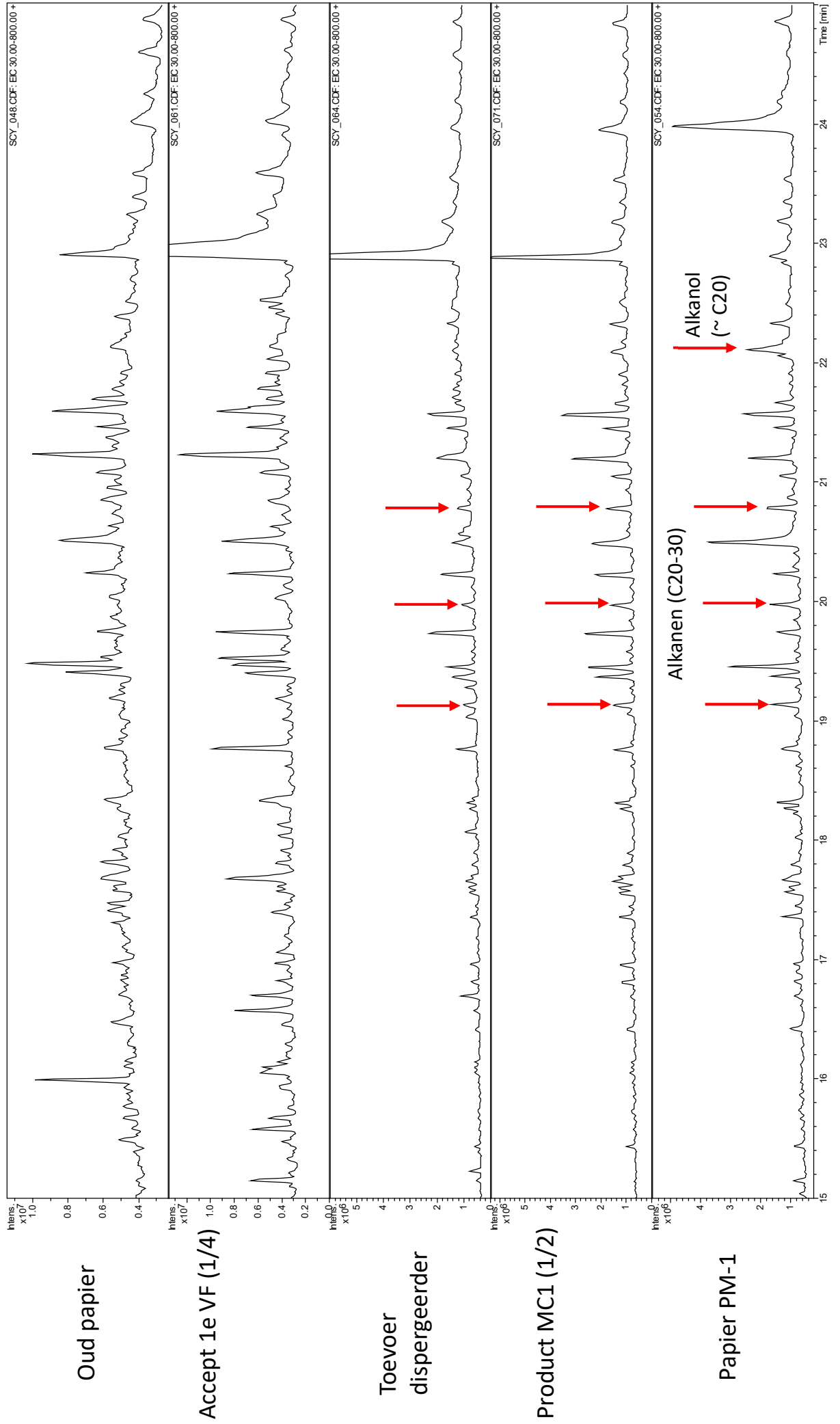
Figuur 18 DCM extracten 20X GC-MS AT1000 FOI-6/PM-1



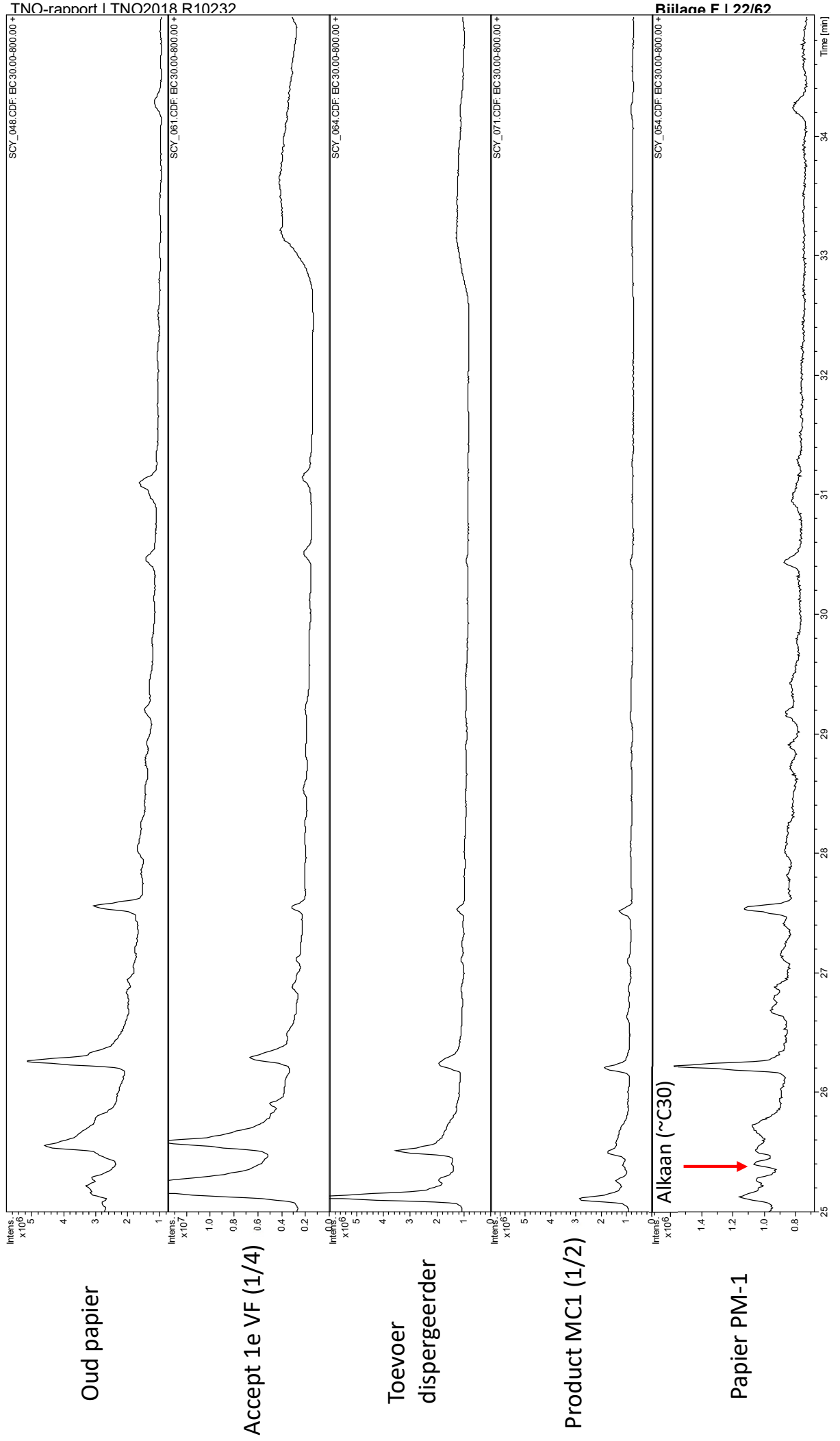
Figuur 19 DCM extracten 20X GC-MS AT1000 FOI-6/PM-1 4.3-15 min



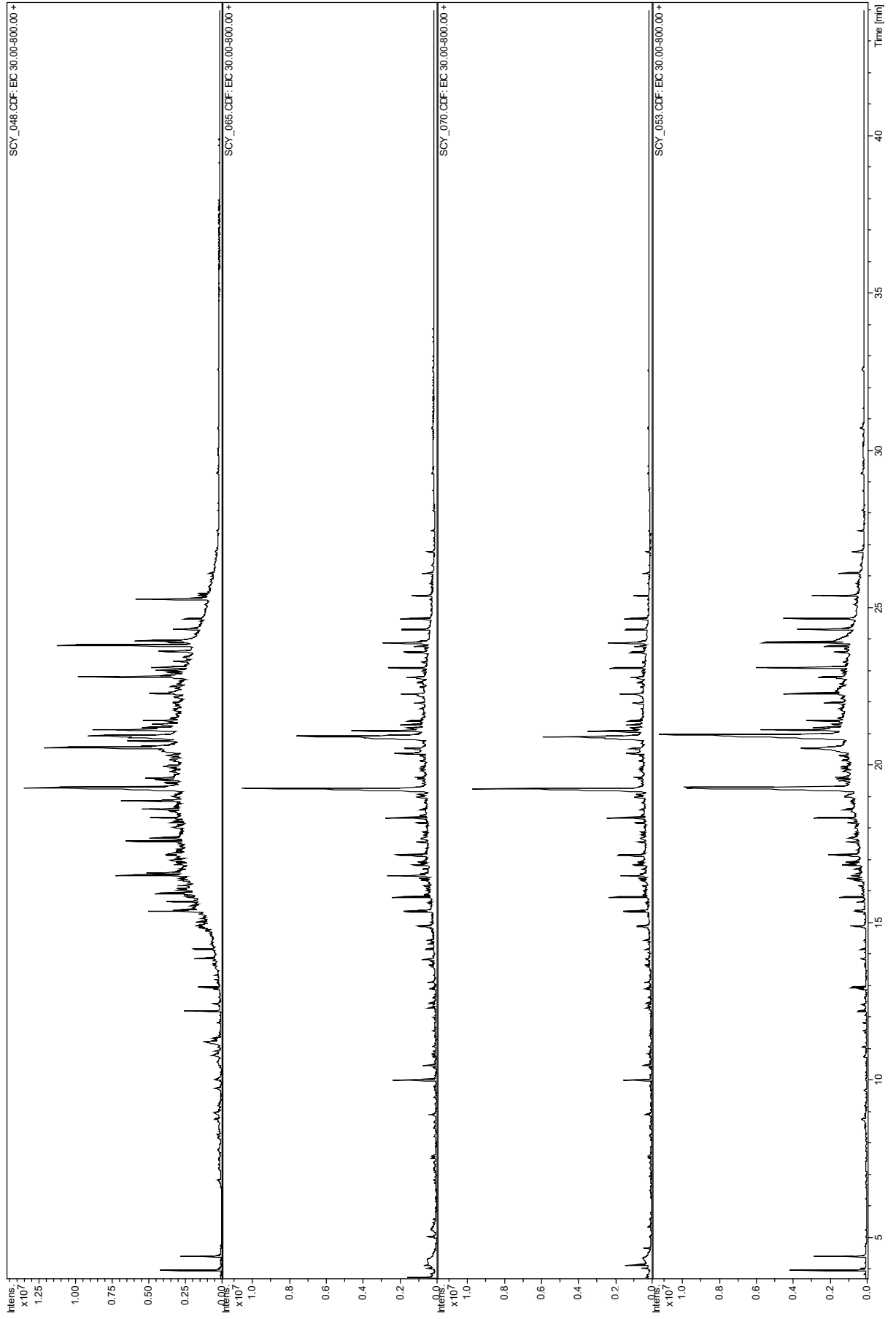
Figuur 20 DCM extracten 20X GC-MS AT1000 FOI-6/PM-1 15-25 min



Figuur 21 DCM extracten 20X GC-MS AT1000 FOI-6/PM-1 25-35 min



Figuur 22 DCM extracten 20X GC-MS AT5 RCF/PM-2



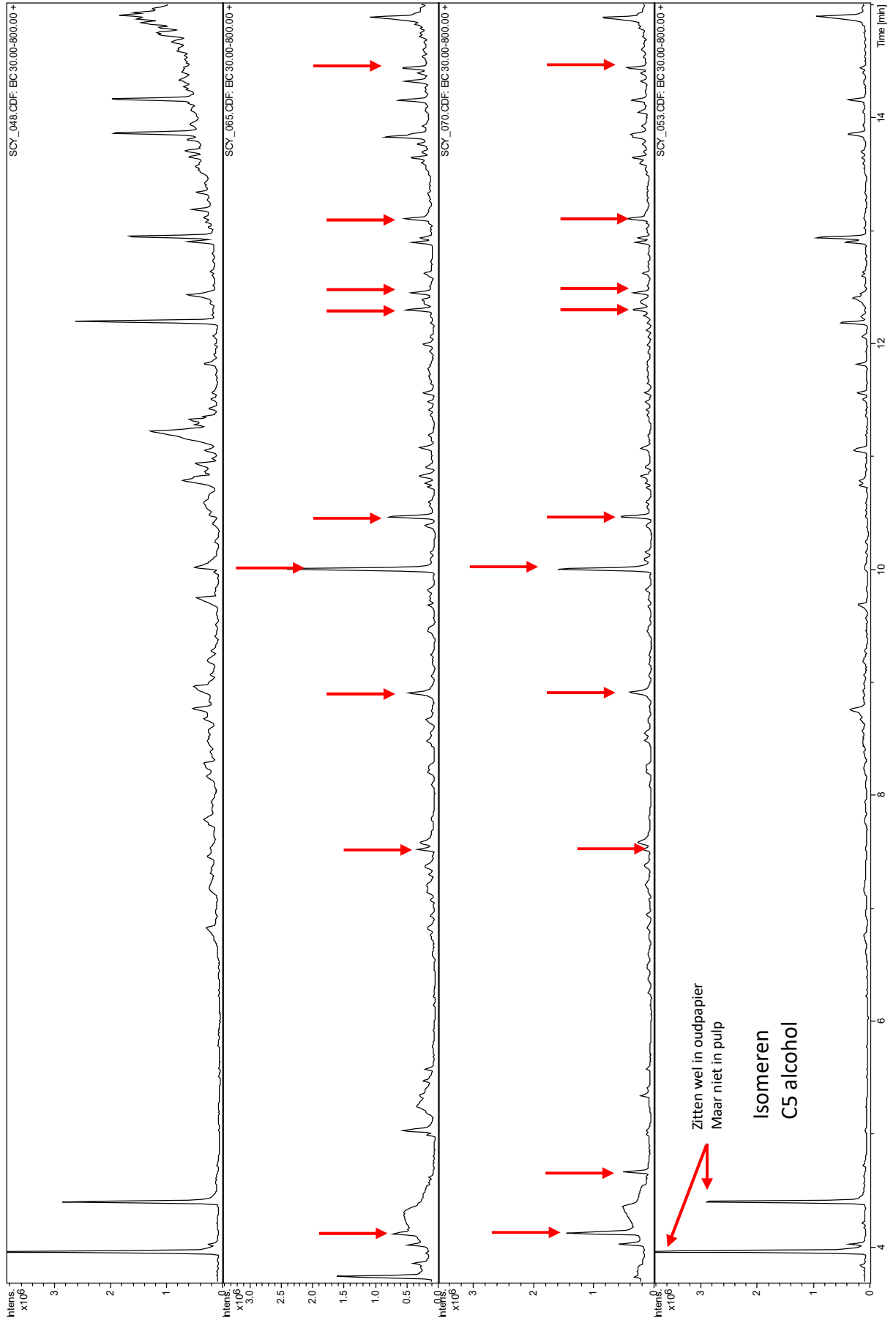
Oud papier
(balenveld)

Uitvoer
Schijfindikker
LF RCF

Uitvoer
Schroefpers
LF RCF

Karton PM-2

Figuur 23 DCM extracten 20X GC-MS AT5 RCF/PM-2 3.8-15 min



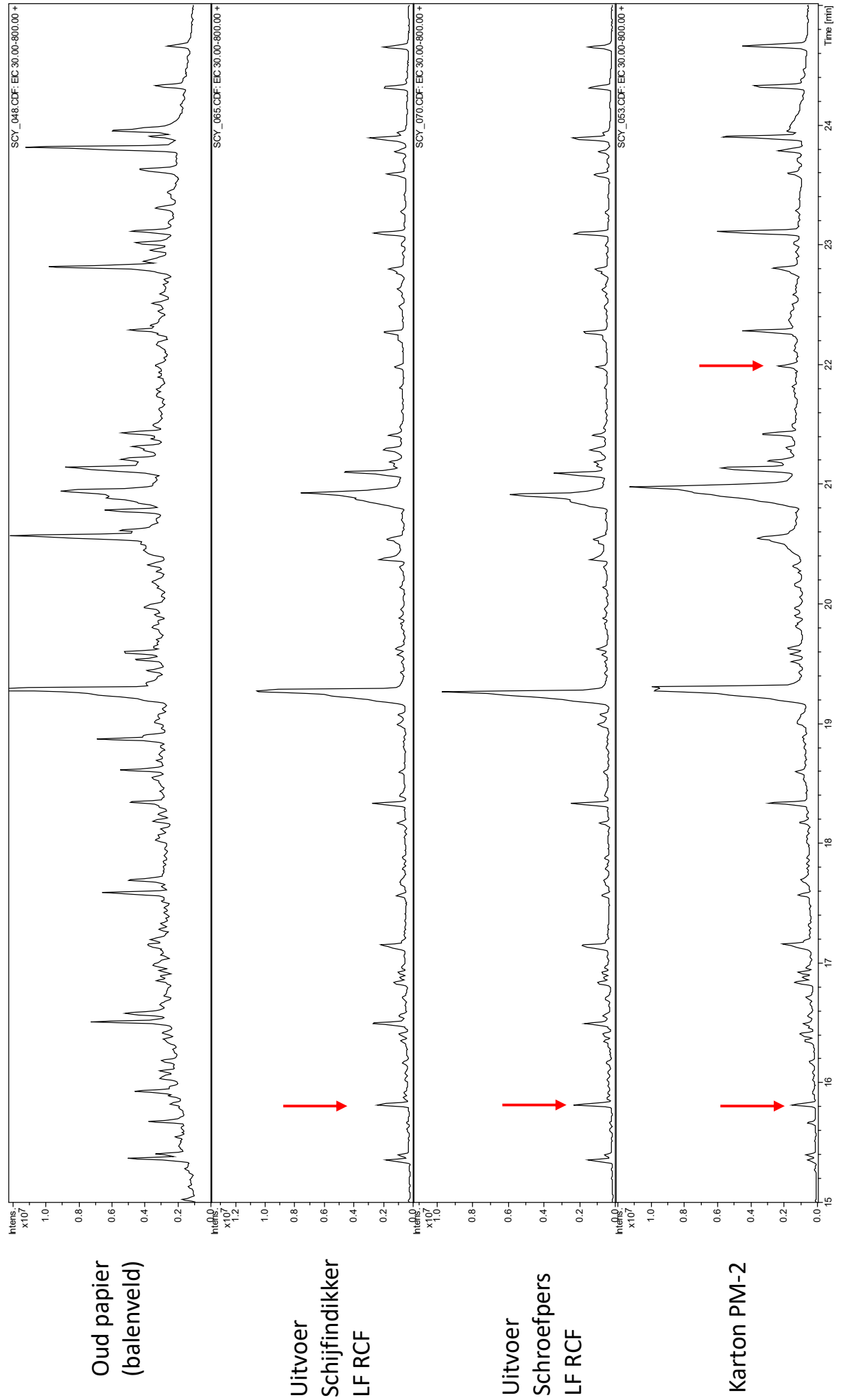
Oud papier
(balenveld)

Uitvoer
Schijfindikker
LF RCF

Uitvoer
Schroefpers
LF RCF

Karton PM-2

Figuur 24 DCM extracten 20X GC-MS AT5 RCF/PM-2 15-25 min



Figuur 25 DCM extracten 20X GC-MS AT5 RCF/PM-2 25-35 min



Oud papier
(balenveld)

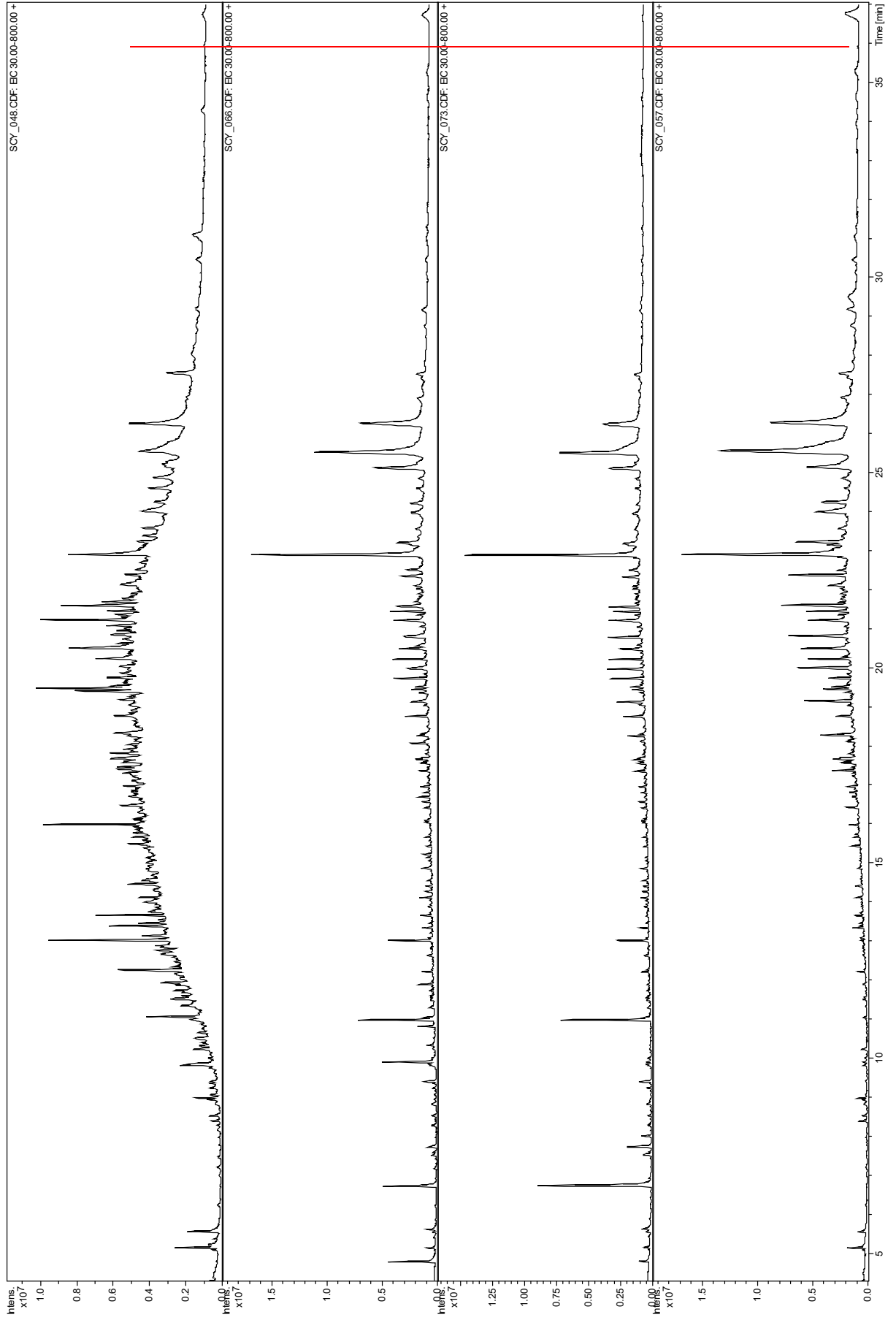
Uitvoer
Schijfindikker
LF RCF

Uitvoer
Schroefper
s
LF RCF

Karton PM-2

Nemen sterk toe tov oud papier
De volgende stifen met rode pijl behoren
waarschijnlijk tot dezelfde categorie verbindingen

Figuur 26 DCM extracten 20X GC-MS AT1000 RCF/PM-2



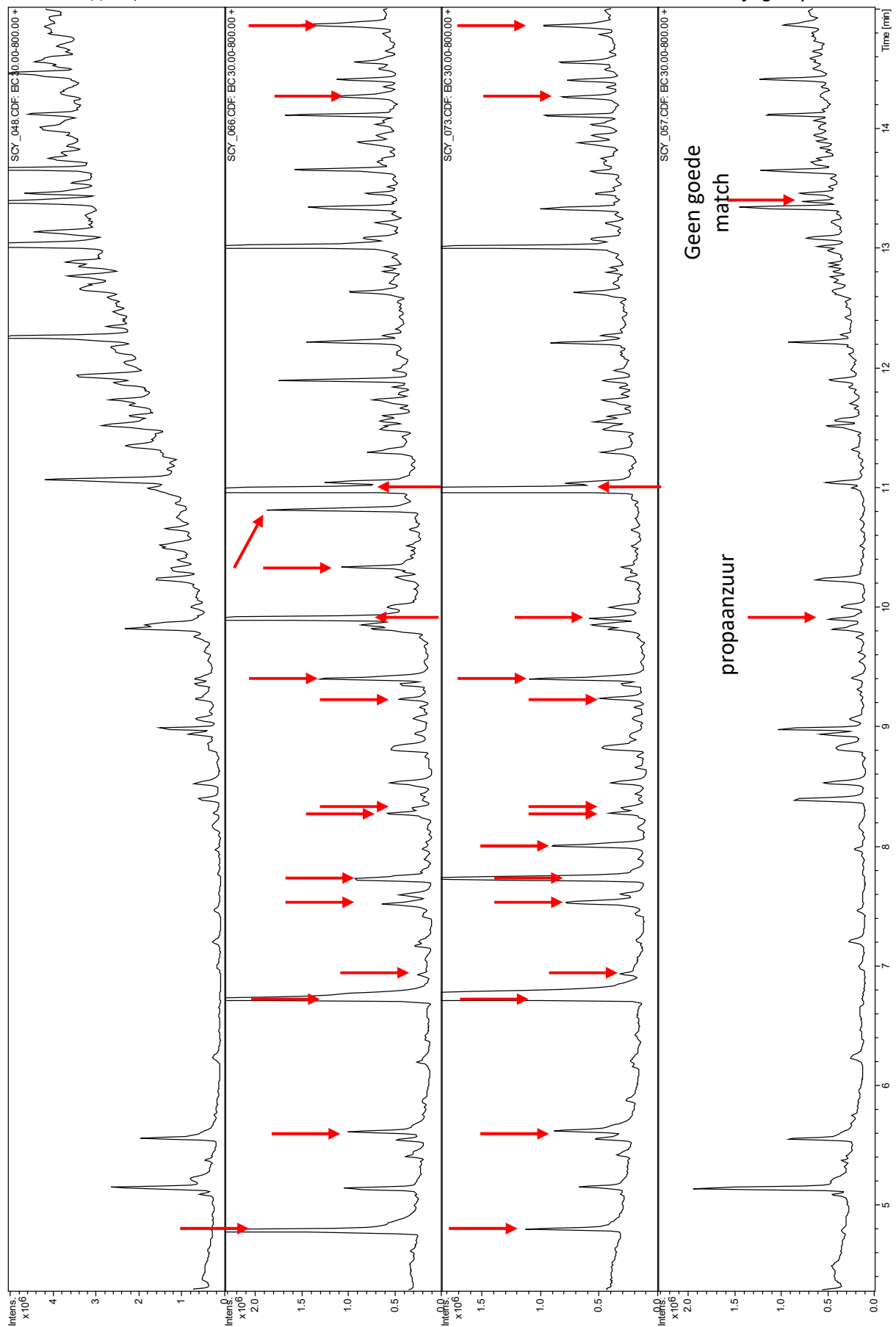
Oud papier
(balenveld)

Uitvoer
Schijfindikker
LF RCF

Uitvoer
Schroefpers
LF RCF

Karton PM-2

Figuur 27 DCM extracten 20X GC-MS AT1000 RCF/PM-2 5-15 min



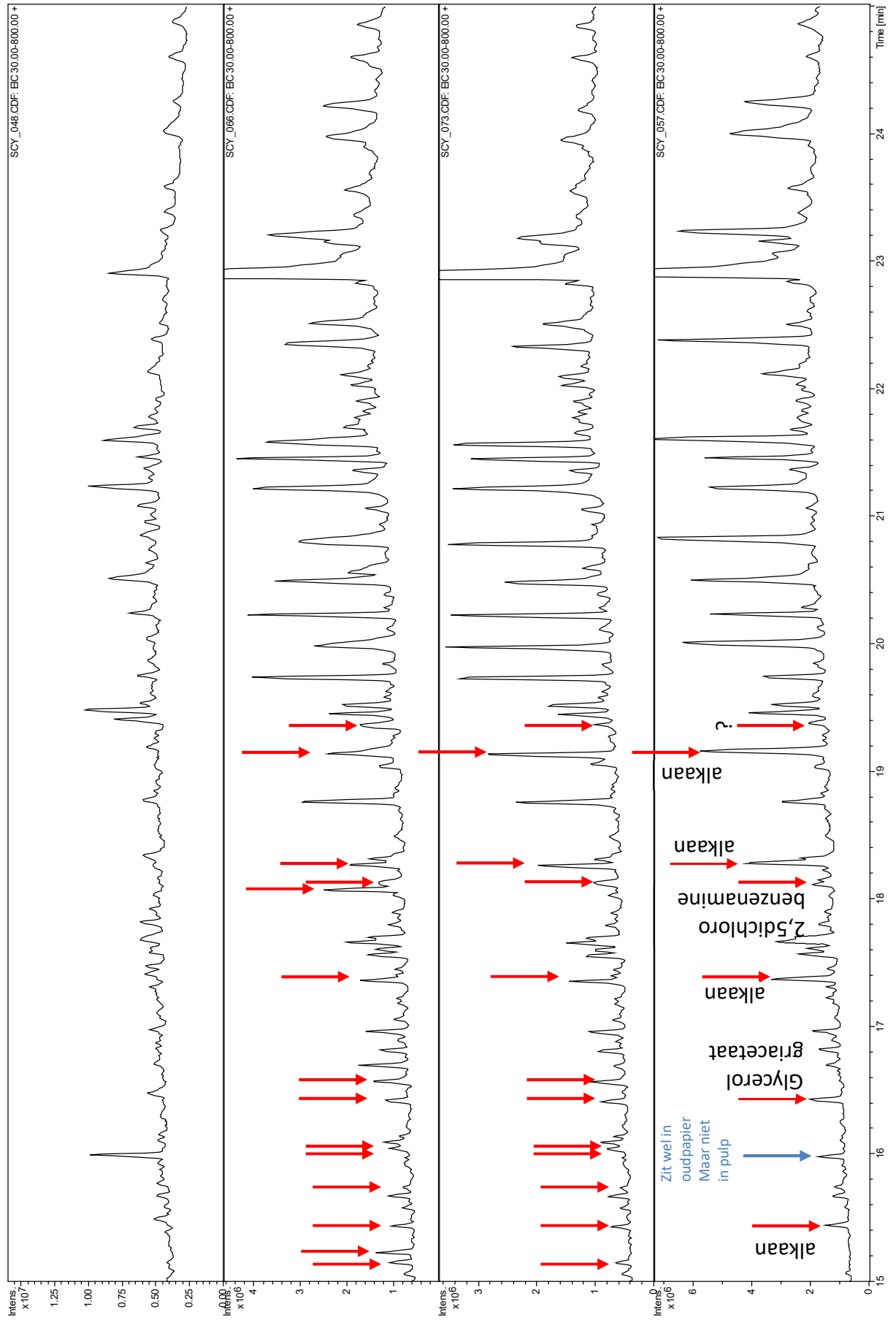
Oud papier
(balenveld)

Uitvoer
Schijfindikker
LF RCF

Uitvoer
Schroefp
ers
LF RCF

Karton PM-2

Figuur 28 DCM extracten 20X GC-MS AT1000 RCF/PM-2 15-25 min



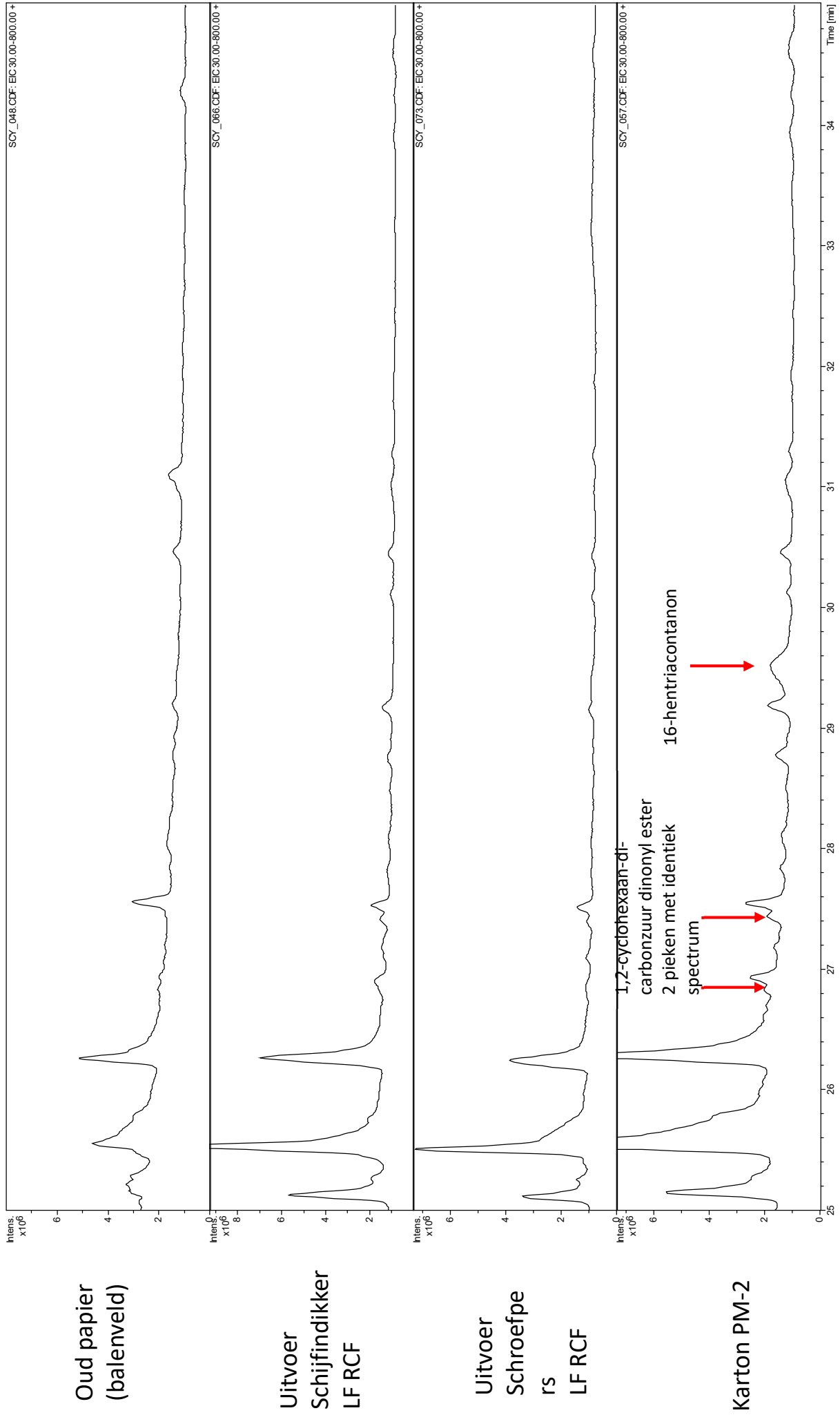
Oud papier
(balenveld)

Uitvoer
Schijfndikker
LF RCF

Uitvoer
Schroefpers
LF RCF

Karton PM-2

Figuur 30 DCM extracten 20X GC-MS AT1000 RCF/PM-2 25-35 min



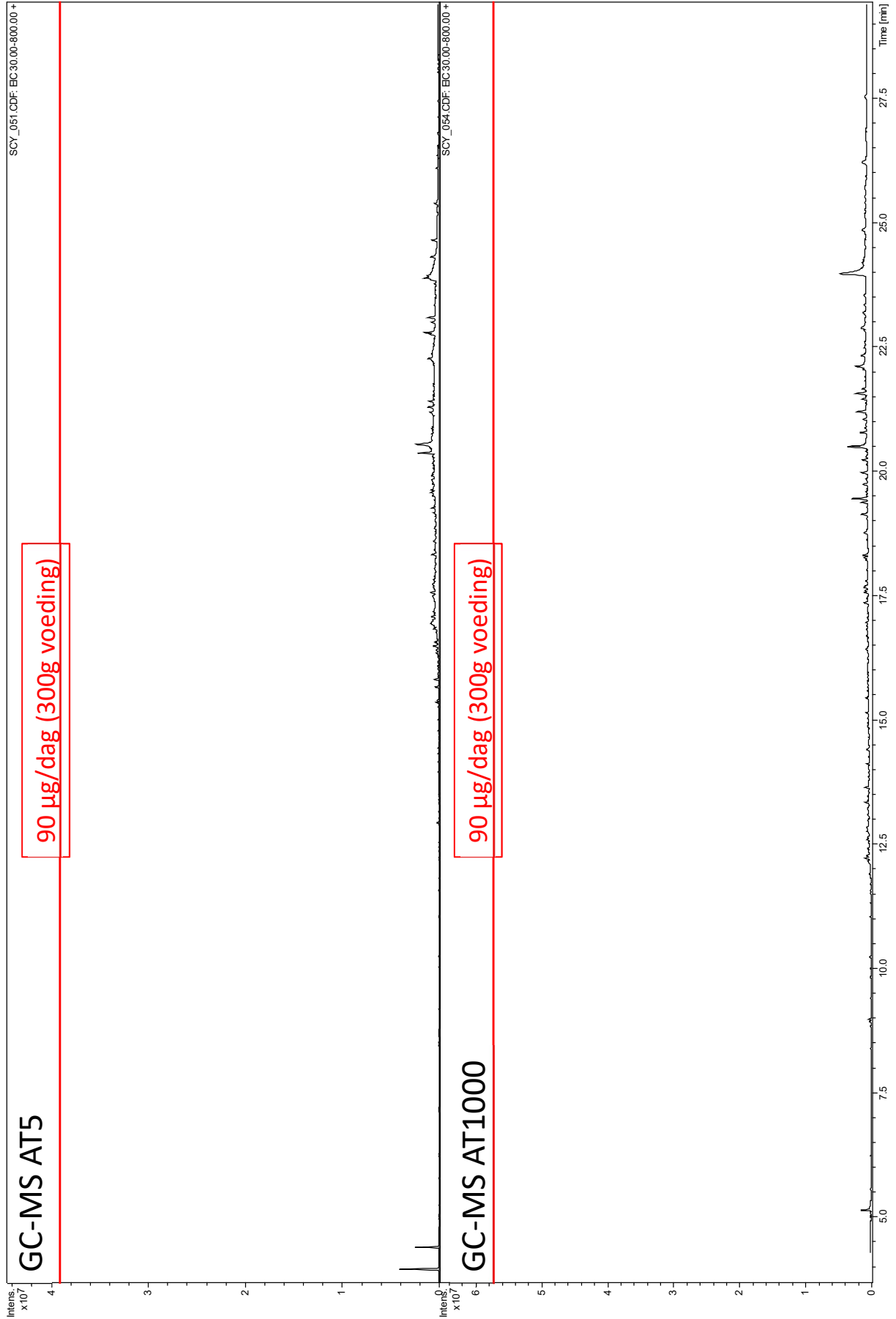
Oud papier
(balenveld)

Uitvoer
Schijfindikker
LF RCF

Uitvoer
Schroefpe
rs
LF RCF

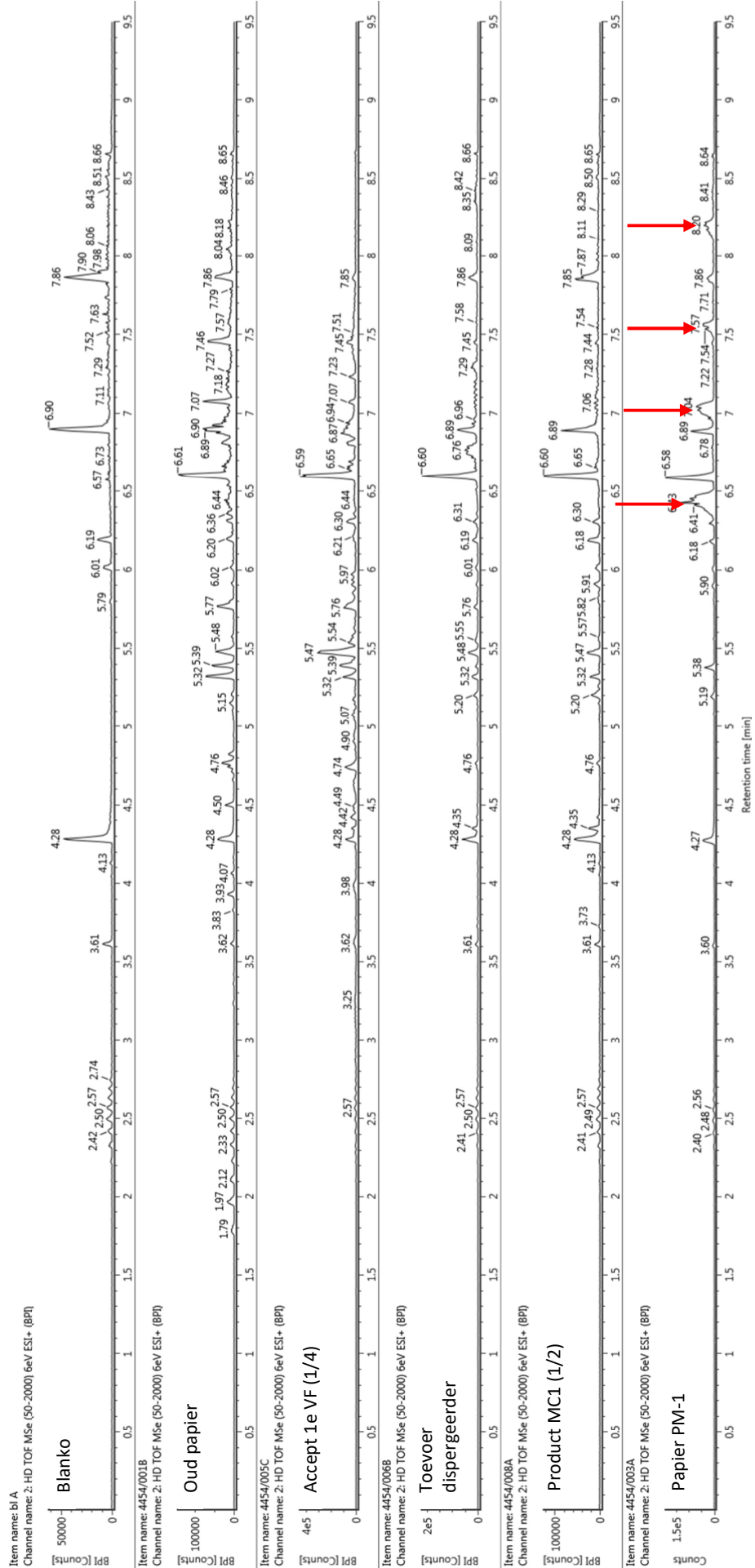
Karton PM-2

Figuur 31 DCM extracten FOI-6/PM-1



Figuur 31 DCM extracten LC-MS ESI+

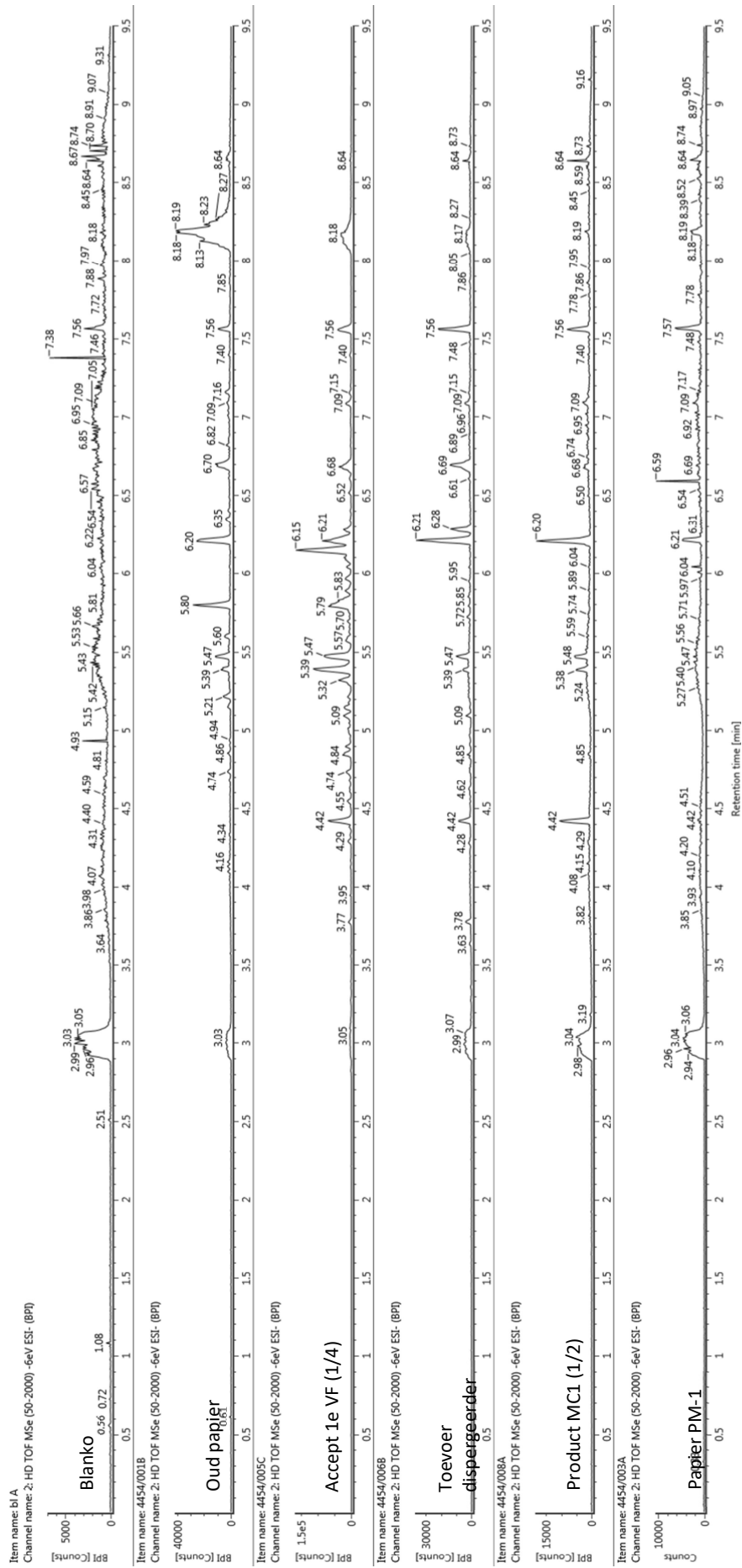
PM-1 - ESI+



4 nieuwe verbindingen
Geen mooi pieken, mogelijk meer dan 4 stoffen

Figuur 32 DCM extracten 20X LC-MS ESI-

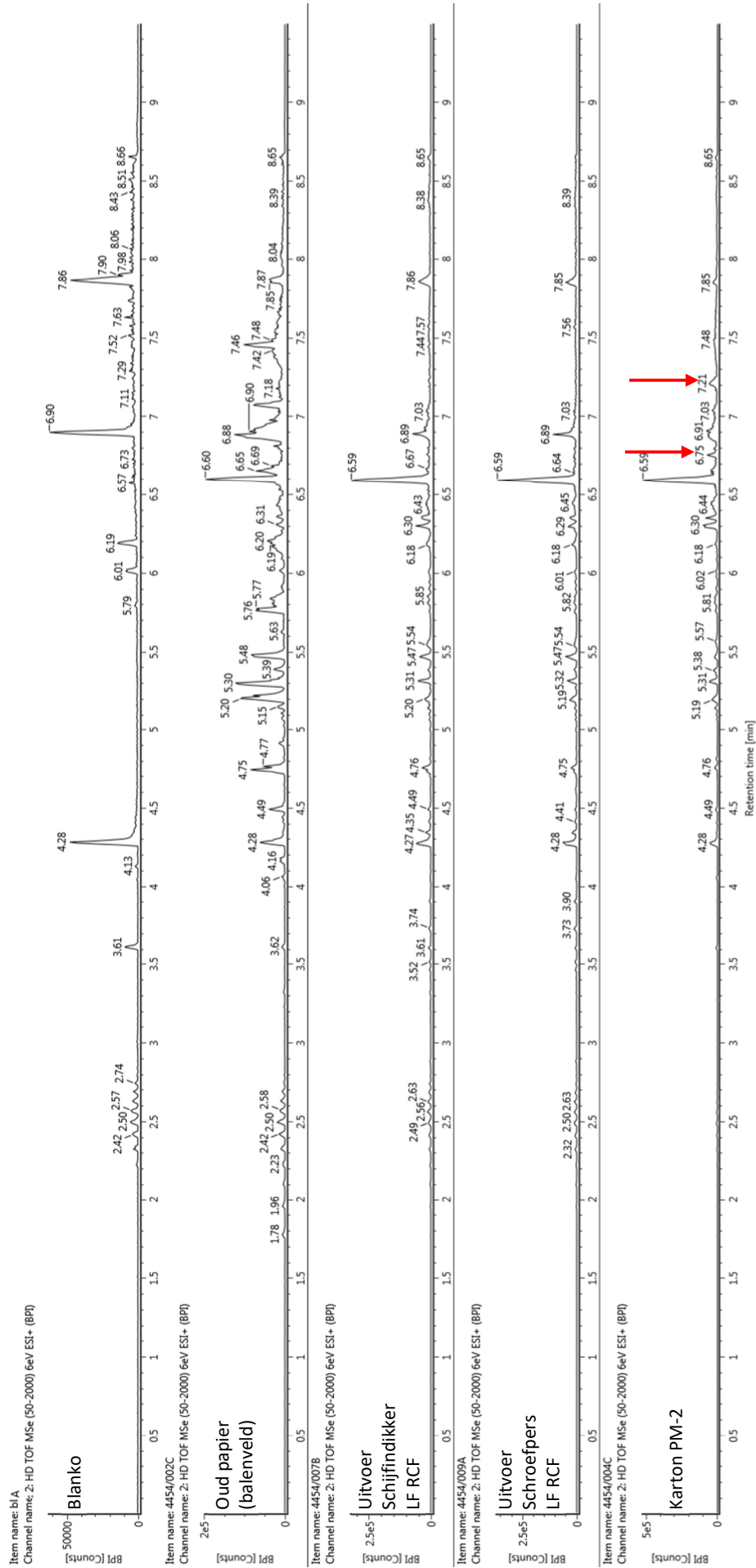
PM-1 – ESI-



Accept 1e VF geeft veel meer pieken dan oud papier,
Geen verbindingen uit oud papier meer in papier
PM-1
Geen nieuwe verbindingen in papier PM-1

Figuur 33 DCM extracten 20X LC-MS ESI+

PM-2 - ESI+



2 nieuwe verbindingen in karton PM-2

G Evaluatie sCO₂

Ten aanzien van de sCO₂ technologie kon informatie in de literatuur gevonden worden die bruikbaar is voor het invullen van het raamwerk. Een relevant rapport is gepubliceerd in het Duits. Daar waar relevante aspecten werden gevonden, zijn de passages gebruikt en getoetst met een Duitstalige collega. Daarnaast heeft TNO gesproken met Daniela Trambitas van Feyecon, een bedrijf dat sCO₂ voor veel toepassingen ontwikkelt. Feyecon heeft enkele jaren geleden testen uitgevoerd om vast te stellen of sCO₂ toegepast kan worden om minerale oliën te verwijderen. De literatuurinformatie is aangevuld met informatie uit dit gesprek om het raamwerk zo volledig mogelijk in te vullen. Ook is informatie verkregen via VNP/PRN.

Productveiligheid

Toxiciteit

sCO₂

Zoals omschreven in de beschrijving van de technologie kan sCO₂ zowel in gas als vloeibare staat voorkomen. Voor de productveiligheid van de sCO₂ technologie is het in eerste instantie belangrijk om na te gaan of sCO₂ achterblijft in het verpakkingsmateriaal.

In het onderzoek door Runte en Kersten zijn sCO₂ dichtheden gebruikt variërend tussen de 205 kg/m³ tot 956 kg/m³ (Runte, S., Kersten, 2016). Het proces laat echter geen (toxische) residuen achter in het extract³³ en het gebruikte CO₂ wordt herwonnen. Bovendien, mochten er toch residuen achter blijven, dan wordt verwacht dat de CO₂ uit het verpakkingsmateriaal zal vervliegen aangezien dit onder normale temperatuur en drukcondities gasvormig is. Wallace Hayes & Kruger, 2014 schrijven over het toepassen van sCO₂ voor diverse doeleinden dat een voordeel van de technologie is dat deze "niet toxisch" is. Deze uitspraak wordt door hen niet verder onderbouwd. Aangezien er geen blootstelling verwacht wordt, is het niet relevant om een limietwaarde en veiligheidsrangorde te bepalen.

Daarnaast wordt sCO₂ al gebruikt voor meerdere voedingsdoeleinden zoals het drogen van groenten, fruit en bloemen en om essentiële oliën en kruiden te winnen (Confederation of European Paper Industries (CEPI), 2013). Ook wordt al sinds de jaren '80 koffie en thee van cafeïne ontdaan door sCO₂³⁴. Dit geeft aan dat blootstelling aan voedingsmiddelen die bewerkt zijn met sCO₂ al decennia aan de orde is.

Theoretisch is het mogelijk dat er andere stoffen ontstaan door de condities van het proces (druk en temperatuur), echter, gezien de toegepaste condities van sCO₂ in verpakkingen wordt verwacht dat dit niet het geval is. Om dit met zekerheid te

³³ http://www.agrofoodwiki.nl/index.php/Extractie_op_basis_van_superkritische_CO2, informatie bevestigd door Feyecon

³⁴ Patent for the extraction of caffeine with supercritical CO₂: HAG AG (1978), German patent DE2637197A1

kunnen stellen, zou analytisch onderzoek verricht kunnen worden in de verpakkingsmaterialen voor en na behandeling.

Blootstelling en risicobeoordeling productveiligheid

sCO₂

Er is geen consumentenblootstelling aan sCO₂, aangezien de stof zoals toegepast in het proces in vloeibare staat is (onder hoge druk en kritische temperatuur) en wordt teruggewonnen. Het VNP eventuele restant CO₂ in het papier wordt weer gasvormig bij kamertemperatuur en zal op deze manier uit het papier verdwijnen (Feyecon, 2017).

Reductie MOSH/MOAH

Volgens onderzoek van de Technische Universität Darmstadt is het mogelijk om tot 99% van de minerale oliën te verwijderen uit krantenpapier, afhankelijk van de toegepaste temperatuur en druk (experimenteel bepaald) (Runte, S., Kersten, 2016); dit geldt bij omstandigheden bij een druk van 40 MPa en een sCO₂ hoeveelheid van 25 kg/kg krantenpapier. Ook Feyecon geeft aan dat bij hen >90% van de minerale oliën verwijderd wordt bij optimale condities en dat het proces circa een halfuur kost. Ook bij het opschalen van de extractie is dit het geval.

Voor elke kritische stof moeten de optimale extractiecondities apart bepaald worden (TUD, 2016). Zo laten apolaire stoffen zoals minerale oliën uit kranten zich nagenoeg volledig verwijderen bij 40°C en 100 bar, terwijl polaire stoffen zich bij hogere druk en/of temperatuur beter laten extraheren.

Bij de superkritische sCO₂-extractie kunnen de minerale oliën volgens TUD, 2016 worden geëxtraheerd uit basispapier voor golfkarton tot 95% (met 25 kg CO₂/kg substraat), en bij vouwkarton tot 90%.

Beoordeling: ++, gezien geen blootstelling aan sCO₂ omdat het naar verwachting niet (lang) in het product achterblijft en gezien effectieve reductie (>90%, tot 99%) van minerale olie uit de verpakking.

Ketenveiligheid

Door behandeling met sCO₂ wordt minerale olie uit OPK verwijderd. De behandeling blijkt onder de juiste condities zeer effectief (90-99%) wat betekent dat dit ook bijna het maximaal haalbare bijdraagt aan ketenveiligheid op dit aspect. Daarnaast blijft sCO₂ niet achter in het OPK op basis waarvan er geen andere stoffen in de keten verwacht worden.

Beoordeling: ++

Duurzaamheid

Materiaalbehoud

De Technische universiteit van Darmstadt (TUD) heeft onderzoek verricht naar de effectiviteit van sCO₂ in het verwijderen van minerale oliën en concludeert onder meer dat onder de onderzochte extractiecondities er geen negatieve effecten zijn op de zogenaamde sterktekenmerken van gerecycled papier (Runte, S., Kersten, 2016).

Volgens informatie van Feyecon hebben zowel het toepassen van sCO₂ als de procescondities (druk/temperatuur) geen invloed op de recyclebaarheid van vezels. De vezels blijven onaangetast tot een temperatuur van 80°C. De temperatuurrange die voor het verwijderen van minerale oliën uit verpakkingen gebruikt wordt blijft bovendien hieronder, 40-60 °C (informatie van Feyecon en TUD, 2016).

Beoordeling: 0

Additionele (energie)bronnen

De optimale condities waarbij nagenoeg alle minerale oliën verwijderd konden worden zijn 100 bar (= 10 MPa), 40 °C en 7 kg CO₂/kg krantenpapier TUD, 2016.

Voor het creëren van deze condities is gebruik van additionele energie nodig voor:

- Het verhogen en weer verlagen van de temperatuur en druk voor het bereiken van de kritische staat van CO₂
- Draaien van de pompen
- Ook is er energie nodig voor het creëren van stoom en damp.

In het rapport van TUD (TUD, 2016) wordt de benodigde energie voor het toepassen van sCO₂ kwantitatief ingeschat. Dit is echter gedaan voor de condities waarbij de druk 400 bar (= 40 MPa) is en de temperatuur 90°C wat aanzienlijk hoger is dan de condities vereist voor een effectieve verwijdering van minerale olie uit verpakkingen. Daarnaast is het onvoldoende te toetsen of dit een realistische inschatting betreft voor additionele energieverbruik bij daadwerkelijke toepassing in de papier/karton recyclingketen. Voor illustratieve doeleinden is onderstaande tabel uit de publicatie van TUD (2016) overgenomen, waarin te zien is dat het energiegebruik bij 400 bar en 90°C in totaal berekend wordt op 156,8 kWh/tCO₂. Dit houdt in dat per ton krantenpapier bij behandeling met superkritisch CO₂ hooguit 1100 kWh energie wordt gebruikt (doorgerekend op basis van 7 kg CO₂/kg krantenpapier).

Tabelle 24: Energieverbrauch der einzelnen Extraktionsprozessschritte (400 bar/90 °C)

Schritt		ΔH in kJ/kg _{CO2}	Energieverbrauch in kWh/t _{CO2}
1 -> 2	Pumpen	37	10,3 + 20*
2 -> 3	Heizen	101	28,1
3 -> 4	Entspannen	0	0
4 -> 5	Heizen	108	30,0
5 -> 6	Kühlen	-229	63,7
6 -> 1	Kühlen	-17	4,7
Gesamt	-	492	156,8

* Erfahrungswert zur Pumpenleistung bei 400 bar und einer Förderung von 1.000 kg_{CO2}/h: 20 kWh/t.

Beoordeling: - : voor het opvoeren van druk en temperatuur wordt verwacht dat er relatief gezien veel extra energie nodig is. Energiebesparing kan bewerkstelligd

worden door de energie die vrijkomt bij het papierproductieproces te hergebruiken voor het proces. Dit wordt in het papierproductieproces reeds veelvuldig toegepast. Het energieverbruik is ten opzichte van thermische behandeling relatief lager.

Afvalstromen

Het sCO₂ dat gebruikt wordt kan worden teruggewonnen en onbeperkt hergebruikt worden (Feyecon, 2017). Enkel tijdens het openen van de autoclaaf gaat er een hoeveelheid sCO₂ verloren (Feyecon, 2017). De hoeveelheid sCO₂ die verloren gaat hangt af van de grootte van de autoclaaf, maar is naar verwachting beneden 1% per keer dat de autoclaaf geopend wordt (Feyecon, 2017). Ondanks dat dit percentage laag is, kan het om het om een substantiële hoeveelheid gaan aangezien het een zeer geconcentreerde vorm van CO₂ is (VNP/PRN, 2017). Op basis van het gegeven dat een cyclus circa een half uur duurt en het proces 24 uur per dag doorlopen wordt, zou een autoclaaf 48 maal per dag geopend moeten worden, wat inhoudt dat per dag ongeveer de helft van de inhoud van een autoclaaf vrijkomt (per gebruikte autoclaaf). De effecten vanuit klimaattoegpunt zijn onbekend bij eventueel grootschalig gebruik. Een belangrijk aspect in deze is of CO₂ vanuit de atmosfeer als bron gebruikt wordt (waarmee het tijdelijk gevangen is) of dat dit voor dit doel nieuw gegenereerd wordt. In het eerste geval levert het vrijkomen van de CO₂ tijdens het proces geen directe bijdrage aan het verhogen van de broeistofgassen, omdat het CO₂ betreft die eerder aan de atmosfeer was onttrokken. Volgens informatie van Feyecon zijn er leveranciers die aangeven dat de geleverde CO₂ opgevangen is uit het milieu dan wel hergebruikt wordt.

Het gehele proces van de toepassing van sCO₂ kan in een gesloten systeem plaatsvinden (met uitzondering van het openen van de autoclaaf). Niet enkel CO₂, maar ook de warmte en de afgevangen minerale oliën kunnen volgens Feyecon theoretisch gezien opnieuw gebruikt worden.

Beoordeling: -/0, negatief indien wordt uitgegaan van toepassing van sCO₂ in een gesloten systeem waarbij al het CO₂ onbeperkt hergebruikt kan worden, maar waarbij als gevolg van openen van de autoclaaf en het eventueel vervliegen van CO₂ naar verwachting relatief veel CO₂ vrijkomt in de atmosfeer; neutraal indien gebruik gemaakt wordt van CO₂ die gewonnen is uit de atmosfeer.

Haalbaarheid en kosten

Kosten

De kosten zijn sterk afhankelijk van de installatie (het volume) en van de componenten die gewonnen worden. De kosten voor het toepassen van de sCO₂-technologie zijn een combinatie van investeringskosten (apparatuur en eventuele verbouwingkosten) en operationele kosten (chemicaliën, energie).

De technische Universiteit van Darmstadt heeft een kostenberekening gemaakt (TUD, 2016). De exacte methodologie van de TUD om de kosten te berekenen wordt beschreven in (Richard Turton, Richard C. Bailie, Wallace B. Whiting, 2013). Hieronder wordt globaal de kostenberekening gegeven zoals gepresenteerd in het rapport van TUD (2016).

De kosten van de productie is een functie van de investeringskosten, arbeidskosten, energiekosten en afvalbehandelingskosten en kosten van de grondstoffen.

Investeringskosten

De investeringskosten voor de extractie-installatie hangen o.a. af van het volume van het extractorsysteem³⁵. Bij een extractorsysteem met een volume van 400 L worden de investeringskosten geschat op 2.000.000 \$ (ongeveer 1.700.000 €). Volgens opgave van VNP/PRN past in 400 L niet eens 1 baal oud papier. Derhalve wordt verwacht dat de kosten die door TUD zijn ingeschat gelden voor de huidige laboratoriumsituatie en dat voor daadwerkelijke toepassing in de praktijk de investeringskosten vele malen hoger zullen liggen.

Volgens informatie van Feyecon zitten de kosten in de prijs van de pompen en de autoclaven. De benodigde autoclaven zijn groot en moeten van een speciaal soort staal gemaakt worden. Om van een batchproces naar een continuproces te gaan is in ieder geval een extra autoclaaf (wellicht nog meer) nodig, wat tot hogere investeringskosten leidt.

Arbeidskosten

Aangezien er nog geen gegevens zijn voor hoeveel werknemers er in dienst genomen moeten worden kunnen de arbeidskosten niet worden berekend.

Energiekosten

Hier is reeds informatie over gegeven in 'additionele (energie)bronnen'

Afvalbehandelingskosten

Aangezien het geëxtraheerde afvalpapier volledig na de winning is verwijderd en er dus geen afval wordt gegenereerd, worden er volgens de methode van TUD (2016) geen kosten berekend voor afvalbehandeling. De kosten voor de verwijdering van de ontstaande extracten kunnen verwaarloosd worden

Grondstofkosten

Voor het bepalen van de grondstofkosten voor de inzet van extractie bij behandeling van oud papier zijn vooral de kosten voor CO₂, dat tijdens het extractie proces aan de kringloop wordt toegevoegd van belang. De kosten van CO₂ worden geschat op 0,26 Euro/kg CO₂. Aangezien per kg papier 7 kg CO₂ nodig is betreft dit 1.82 Euro/kg papier en derhalve 1820 Euro/ton papier.

Beoordeling: --, kosten voor sCO₂ zijn hoog (categorie C: > 1 miljoen), wat voornamelijk veroorzaakt wordt door hoge investerings- en energiekosten.

Haalbaarheid

De parameter haalbaarheid is opgesplitst in diverse subcategorieën die allen gericht zijn op de haalbaarheid van de recycling technologie.

Efficiëntie productie

Hier wordt de invloed van het toevoegen van sCO₂ technologie op de efficiëntie van de productie beoordeeld. Volgens informatie van Feyecon hoeft het behandelen van het papier niet in het proces ingebed te worden, maar kan dit voorafgaand of

³⁵ Een extractorsysteem bestaat uit twee extractors en twee separators.

achteraf aan het proces worden toegevoegd. Het zou ook op een andere locatie kunnen plaatsvinden, maar dan komen er wellicht transportkosten bij.

Een huidig nadeel van de technologie is dat het geen continu proces is. Dit wil zeggen dat materialen per partij behandeld moeten worden³⁶. Volgens Feyecon zou het proces continu gemaakt kunnen worden door twee of meer autoclaven te gebruiken: het gebruikte CO₂ dat wordt afgevangen na gebruik kan via een leiding direct naar de andere autoclaaf getransporteerd worden (FeyeCon). De ontwikkeling hiervan is momenteel nog niet zover dat getoetst kan worden of dit daadwerkelijk tot een continuproces leidt wat een gelijke snelheid/productiehoeveelheid kan trekken als in de papierproductie. In die zin is het op dit moment onzeker of dezelfde efficiëntie in productie behaald kan worden. Bovendien is niet berekend hoe groot de autoclaven daadwerkelijk moeten zijn en hoeveel autoclaven van de huidige maximale grootte nodig zouden zijn om de gehele grondstofstroom van een papierfabriek te behandelen (VNP/PRN, 2017).

Beoordeling: -, op basis van eerder genoemde onzekerheden met betrekking tot een continu proces.

Implementeerbaarheid

De aanschaf van apparatuur en materialen zal substantieel zijn bij implementatie van de sCO₂-technologie. Ruimtes moeten eventueel worden aangepast of gecreëerd om de installatie(s) te plaatsen. Dit is echter al meegewogen onder kosten.

Wat betreft kennis zal er bijscholing nodig voor werknemers als werkgevers om deze technologie effectief toe te kunnen passen. Zo zal het specifieke kennis vragen om systemen dusdanig op elkaar af te stemmen dat het proces zo efficiënt mogelijk verloopt. Het eventuele voordeel van de techniek is dat het toegepast kan worden op het papier/karton voordat het pulpen en recyclen plaatsvindt, en het ook op een andere locatie kan worden gedaan. Hier komen dan wel andere kosten bij kijken zoals logistiek en transport.

Beoordeling: -, aangezien medewerkers bijgeschoold moeten worden om deze technologie toe te passen

TRL niveau

De sCO₂ technologie wordt al toegepast bij het extraheren van kruiden en oliën (Confederation of European Paper Industries (CEPI), 2013), maar onderzoek naar de mogelijkheden om deze technologie te gebruiken voor het extraheren van mineralen oliën uit gebruikte verpakkingsmateriaal is relatief nieuw. In 2013 is de TU Darmstadt in Duitsland een project gestart om droog gerecycled papier te behandelen met de sCO₂ technologie. Eind 2013 is de mogelijke toepassing van deze technologie verder besproken tijdens de "European Paper Week" in Brussel. Feyecon werkt ook aan deze techniek en heeft met autoclaven van 3m³ de technologie toegepast. De uitdaging is daarom het toepassen van de technologie op nog grotere hoeveelheden papier en de conversie naar een continuproces (welke gekoppeld kan worden aan het papierproductieproces). Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat het TRL uitkomt op niveau 5.

Beoordeling: -, op basis van bovenstaande overwegingen

³⁶ http://www.agrofoodwiki.nl/index.php/Extractie_op_basis_van_superkritische_CO2

Kwaliteit eindproduct

De kwaliteit van het eindproduct is goed, de vezels worden niet aangetast door het toepassen van de technologie.

Beoordeling: 0

Referenties

Confederation of European Paper Industries (CEPI). (2013). *Two Team Project*.

Feyecon. (2017). *Feyecon, mondelinge en schriftelijke communicatie in kader van dit onderzoek*.

Richard Turton, Richard C. Bailie, Wallace B. Whiting, J. A. S. (2013). Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes. *Journal of Chemical Information and Modeling* (3rd ed., Vol. 53).

Runte, S., Kersten, A. (2016). Removal of mineral oils from paper for recycling – extraction with supercritical carbon dioxide. *Chemical Technology*, 13/1, 46–50.

TUD. (2016). Extraktion von Altpapier und Altpapierstoffen mit überkritischem CO₂ – eine Möglichkeit zur Entfernung von kritischen Inhaltsstoffen aus trockenem Altpapier.

VNP/PRN. (2017). *VNP/PRN, mondelinge en schriftelijke communicatie in kader van dit onderzoek*.

Wallace Hayes, A., & Kruger, C. L. (2014). *Hayes' Principles and Methods of Toxicology* (6th ed.). Taylor & Francis.

H Evaluatie thermische behandeling

De Technische Universiteit van Darmstadt heeft het vermogen van twee soorten thermisch behandeling onderzocht om minerale oliën te verwijderen van oud papier vóór verpulping en dat vergeleken met het vermogen van flotatie (Ewald & Kersten, 2014; Ewald et al., 2016). Na optimalisatie van de chemicaliënconcentraties en de doseringsvolgorde kon met flotatie tot 80% van de minerale oliën verwijderd worden, terwijl het verlies beperkt bleef tot minder dan 15%. De thermische behandelingen met stoom of hete lucht haalden in sommige gevallen zelfs hogere verwijderingspercentages dan flotatie. Gevoegd bij het feit dat bij thermische behandelingen geen extra chemicaliën worden gebruikt, maakt ze tot een aantrekkelijk alternatief, ook al is het nog slechts of labschaal uitgetoet.

Als additionele bron is het rapport van de Technische Universiteit van Darmstadt over sCO₂ (Runte, S., Kersten, 2016) geraadpleegd. Met uitzondering van de publicaties van de Technische Universiteit van Darmstadt zijn in de openbare literatuur verder geen gegevens over de thermische technologie voor het extraheren van minerale oliën uit paper en/of karton aangetroffen.

Productveiligheid

Toxiciteit

Tijdens dit proces worden geen chemische stoffen toegevoegd. Wel is het mogelijk dat door de condities van het proces (druk en temperatuur) er andere stoffen ontstaan die dan mogelijk in het uiteindelijke verpakkingsmateriaal terecht komen en vervolgens mogelijk kunnen migreren. Zonder nader (analytisch) onderzoek is het moeilijk in te schatten welke stoffen dit kunnen zijn. Derhalve is het niet mogelijk limietwaarden te presenteren.

Blootstelling en risicobeoordeling productveiligheid

Thermische behandeling

Er worden bij deze behandeling geen extra chemicaliën geïntroduceerd, en op grond daarvan worden er geen additionele risico's verwacht. Echter, zoals hierboven gerefereerd, kunnen er door de thermische behandeling mogelijk nieuwe verbindingen worden gevormd. Het is niet duidelijk welke deze kunnen zijn, of ze in het verpakkingsmateriaal zullen terecht komen, of ze vervolgens kunnen migreren naar het verpakte voedsel en wat hun mogelijke toxiciteit zal zijn. Kortom, er is te weinig informatie beschikbaar om een risicobeoordeling met betrekking tot deze stoffen te doen.

Reductie MOSH/MOAH

Een stoombehandeling bij 100 °C gaf een verwijdering van minerale olie van 70% voor coldset bedrukt krantenpapier en 81% voor gecoat karton, maar bij dezelfde temperatuur was de verwijdering van minerale olie door behandeling met hete lucht veel minder. De nadelen van stoombehandeling zijn echter het grotere gebruik van energie en een verminderde verwijdering van MOSH/MOAH door condensatie. Condensvorming treedt niet op bij (droge) heteluchtbehandeling, en bij hogere temperaturen dan 100 °C wordt met hete lucht meer minerale olie verwijderd. Zo werd bij 150 °C 81% minerale olie verwijderd terwijl nog steeds minder dan de helft van de energie nodig was dan bij stoombehandeling (Ewald et al., 2016). Onder optimale omstandigheden kan tot 95% van de minerale oliën verwijderd worden van OPK (Ewald & Kersten, 2014) .

Beoordeling: +, aangezien de verwijdering van minerale oliën (nog) minder effectief is dan met b.v. superkritisch CO₂ en enerzijds worden er geen nieuwe chemicaliën gebruikt, maar er is een onzekerheid gezien de mogelijke vorming van nieuwe verbindingen die mogelijk toxisch zijn en kunnen migreren. Aangezien niet verwacht wordt dat dit zeer zorgwekkende verbindingen zal betreffen met een significante mate van blootstelling wordt een + toegekend.

Ketenveiligheid

Thermische behandeling introduceert naar verwachting geen grote hoeveelheden nieuwe verbindingen in de keten, hoewel nog onzeker is in hoeverre door de behandeling de nieuwe verbindingen gevormd kunnen worden. De verwijdering van minerale oliën is goed, tot 95% van de aanwezige minerale oliën kan worden verwijderd onder optimale condities (Ewald & Kersten, 2014).

Beoordeling: + op basis van bovenstaande argumentatie en aanname

Duurzaamheid

Materiaalbehoud

Volgens (Ewald et al., 2016) worden er bij thermische behandeling geen residuen gevormd die bij verwijdering zorgen voor een verlies aan vezels.

Beoordeling: 0

Additionele (energie)bronnen

Voor de thermische behandeling zijn additionele energiebronnen nodig. In een onderzoek naar de effectiviteit van deze technologie in het verwijderen van minerale oliën bleek dat de specifieke energieconsumptie circa 4300 kWh/t is bij een temperatuur van 150 graden voor hete lucht. Hierbij dient te worden aangetekend dat in het rapport van Ewald en Kersten (2014) dat ten grondslag lag aan het geciteerde artikel een tabel met veel lagere waarden staat vermeld, waarvan de herkomst onderbouwd is. De waarde genoemd in het artikel staan zonder nadere onderbouwing of uitleg vermeld in een tabel in een appendix. Helaas heeft navraag bij de auteurs geen reactie opgeleverd. Daarom wordt hier uitgegaan van de hoogste opgegeven waarde, om onderschatting te voorkomen. Volgens Ewald et al., 2016 is het energieverbruik door flotatie iets minder dan de helft van

deze hoeveelheid. Volgens de Technische Universität Darmstadt (2016) wordt er bij de optimale condities voor verwijdering van minerale oliën door middel van sCO₂ (100 bar (= 10 MPa), 40 °C) 7 kg CO₂/kg krantenpapier verbruikt, terwijl bij 400 bar en 90°C 156,8 kWh/tCO₂ energie wordt verbruikt. Dit houdt in dat per ton krantenpapier bij behandeling met superkritisch CO₂ hooguit 1100 kWh energie wordt gebruikt, waarmee thermisch behandeling verreweg het hoogste energieverbruik heeft van deze drie verwijderingsprocessen (thermisch, superkritisch CO₂, flotatie).

Beoordeling: hete lucht --

stoom ---, omdat volgens Ewald et al., 2016 stoom duidelijk hogere energiekosten met zich meebrengt dan hete lucht

Afvalstromen

Een thermische behandeling laat geen residuen achter. Aangezien de minerale oliën uitgedampt worden, moet er wel luchtreiniging plaatsvinden. Bij stoombehandeling moet waarschijnlijk biofiltratie worden toegepast, terwijl bij heteluchtbehandeling met actievekoolfiltratie kan worden volstaan, wat goedkoper is. In het laatste geval kan ook de hete lucht met minerale oliën verbrand worden voor de energievoorziening van de fabriek. (Ewald & Kersten, 2014)

Beoordeling: 0, uitgaande van luchtreiniging met een filter waarbij verwacht wordt dat dit om beperkte additionele maatregelen gaat (indien de filter nog niet aanwezig is).

Haalbaarheid en kosten

Kosten

De Technische Universiteit Darmstadt heeft een vergelijking gemaakt van de kosten van de behandeling met superkritisch CO₂ met o.a. de beide thermische behandelingen (Runte, S., Kersten, 2016). De onderstaande schattingen zijn daaraan ontleend.

Investeringskosten

Aangezien deze methoden slechts op labschaal zijn uitgetoet, is hier nog niet concreet iets over te zeggen. Wel zullen de investeringskosten van superkritisch CO₂ het hoogst zijn.

Arbeidskosten

Aangezien er nog geen gegevens zijn voor hoeveel werknemers er in dienst genomen moeten worden kunnen de arbeidskosten niet worden berekend.

Energiekosten

Hier is reeds informatie over gegeven in hoofdstuk 2.2.

Afvalbehandelingskosten

Deze beperken zich voor thermische behandeling tot de kosten van de luchtbehandeling. Afhankelijk van het volume van de luchtstroom en het al dan niet gebruiken van de uitlaatlucht voor verwarming, zijn die kosten voor heteluchtbehandeling 0, 4 of 27 euro/ton. Voor stoombehandeling zijn die 8 euro/ton.

Grondstofkosten

Deze kosten zijn voor thermische behandeling inbegrepen in de energiekosten die nodig zijn om de hete lucht of de stoom te genereren.

Beoordeling: -/-. Kosten voor thermische behandeling kunnen op basis van de informatie niet kwantitatief ingeschat worden. Naar verwachting zijn deze lager dan sCO₂ gezien de hoge investeringskosten voor sCO₂. Gezien de mogelijk hoge energiekosten wordt ingeschat dat het een scenario B of C zal zijn.

Haalbaarheid

Efficiëntie productie

In 2016 is een studie verricht naar de effectiviteit van de thermische behandeling methode in het verwijderen van minerale oliën. In deze studie wordt geconcludeerd dat het nodig is om het te behandelen papier eerst in kleine stukjes (< 4 cm²) te knippen zodat de stromingscondities verbeterd worden. Dit zal leiden tot een efficiencyverlies t.o.v. methodes waarbij dit niet noodzakelijk is. Er is geen informatie gevonden over hoe het proces kan verlopen op industriële schaal en er is derhalve ook vrij grote onzekerheid over mogelijke additionele efficiencyverliezen of mogelijk -winsten.

Beoordeling: -, op basis van de huidige kennis (extra knipstap)

Implementeerbaarheid

Er zal bijscholing nodig zijn voor werknemers en werkgevers om deze technologie effectief toe te kunnen passen. Zo zal het specifieke kennis vragen om systemen dusdanig op elkaar af te stemmen dat het proces zo efficiënt mogelijk verloopt. Het eventuele voordeel van de techniek is dat het toegepast kan worden op het papier/karton voordat het pulpen en recycelen plaatsvindt, en het ook op een andere locatie kan worden gedaan.

Beoordeling: -, aangezien medewerkers bijgeschoold moeten worden om deze technologie toe te passen.

TRL niveau

Aangezien de technologie alleen nog maar op labschaal is uitgetoet, zit het op TRL-niveau 1 of 2.

Beoordeling: --

Kwaliteit eindproduct

In de enige bron voorhanden over deze technologie is geen evaluatie gedaan van de papierkwaliteit na behandeling. Derhalve kan hierover vooralsnog geen oordeel worden gegeven.

Referenties

- Ewald, C., & Kersten, A. (2014). Mineralölentfrachtung von Altpapierstoffen durch thermisch-mechanische Maßnahmen. Darmstadt.
- Ewald, C., Kersten, A., & Schabel, S. (2016). Removal of mineral oil during recovered paper processing, *15*(1), 41–48.
- Runte, S., Kersten, A. (2016). Removal of mineral oils from paper for recycling – extraction with supercritical carbon dioxide. *Chemical Technology*, *13/1*, 46–50.
- TUD. (2016). Extraktion von Altpapier und Altpapierstoffen mit überkritischem CO₂ – eine Möglichkeit zur Entfernung von kritischen Inhaltsstoffen aus trockenem Altpapier.

I Evaluatie anionic trash catchers

Ten aanzien van anionic trash catchers (ATCs) als optie ter reductie van minerale oliën is informatie verkregen bij de TNO expert Ted Slaghek die veel ervaring heeft met dit materiaal en verschillende toepassingen daarvan. Informatie werd ook verkregen via de literatuur in Scopus en NCBI Pubmed databases en eventueel gerichte Google zoekacties. Indien gebruik is gemaakt van literatuurbronnen, dan zijn deze benoemd. Het resterende deel is ingevuld op basis van TNO expertise.

ATCs is een conceptueel idee dat als toepassing ter verwijdering van minerale oliën uit papier nog niet experimenteel onderzocht is. Daarom kunnen bepaalde items niet gescoord worden en zijn er waar nodig geacht aannames gedaan. Wanneer er aannames gedaan zijn is dit als zodanig benoemd. In de discussie worden suggesties gedaan om de potentie van ATCs verder te onderzoeken. Zoals aangegeven in de beschrijving van de technologie is zeïne geselecteerd als natuurlijke ATC en polyacrylaat als synthetische ATC.

Productveiligheid

Toxiciteit

Zeïne

Zeïne is een natuurlijk eiwit dat voorkomt in het endosperm van mais, en wordt commercieel geproduceerd als extractie eiwit van mais gluten (Food and Drug Administration, 2017). De extractie van het eiwit wordt voltooid met een basische oplossing van isopropyl alcohol en natriumhydroxide (FDA, 2017). Zeïne (CAS: 9010-66-6) mag in de VS worden gebruikt als voedselingrediënt, met geen andere beperking dan de huidige GMP (Food and Drug Administration, 2017) die eist dat: 1) het ingrediënt gebruikt wordt als oppervlakte coating onder bepaalde voorwaarden 2) het ingrediënt gebruikt wordt in voedsel in een hoeveelheid die de GMP niet overschrijdt. In het besluit (Resolution AP (96) 5) van de Raad van Europa wordt aangegeven dat zeïne geëvalueerd is door een onafhankelijk orgaan voor het gebruik van de stof als additief in oppervlaktecoatings voor voedselcontactdoeleinden, op basis waarvan geconcludeerd wordt dat dit gebruik toxicologisch acceptabel is als het conform de gebruiksrestricties toegepast wordt (Council of Europe, 1996).

Op basis van bovenstaande informatie wordt veiligheidsklasse 1 toegekend aan zeïne.

Polyacrylaat

De toxiciteit van polyacrylaat is reeds beschreven in bijlage B aangezien het ook in flotatie gebruikt wordt. Aan polyacrylaat is Veiligheidsklasse 1 toegekend op basis van een NOAEL van 500 mg/kg bw/day.

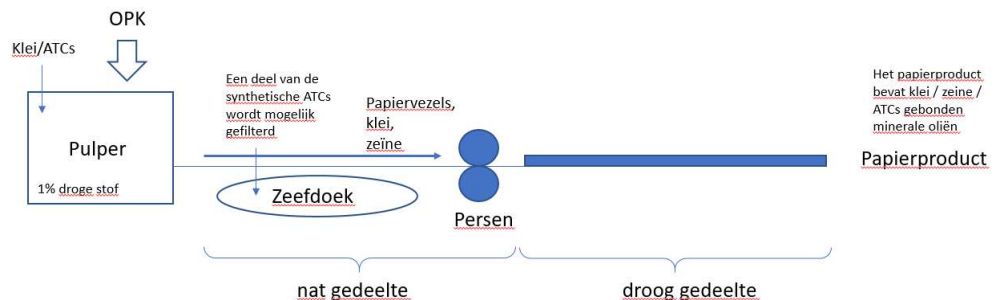
Blootstelling en risicobeoordeling

Er wordt verwacht dat het mogelijk is om synthetische ATCs (zoals polyacrylaat) na het binden van minerale oliën deels uit te wassen in het natte gedeelte van het papierproductieproces (zie figuur I-1). Het zou echter ook kunnen dat synthetische ATCs (deels) gefixeerd worden in het eindproduct. Zeïnedeeljes zijn van relatief grote omvang en zullen daarom hoogstwaarschijnlijk niet door filteren gescheiden kunnen worden van de papierpulp, en als gevolg hiervan gefixeerd worden in het eindproduct.

Er wordt aangenomen dat er beperkt tot geen migratie van ATCs zal optreden die gefixeerd zijn in het eindproduct. Aangezien de blootstelling beperkt wordt geacht en ATCs laag toxisch zijn, worden er beperkte tot geen risico's voor productveiligheid verwacht bij het toepassen van ATCs in het papierproductieproces. Om dit definitief te kunnen vaststellen zou een migratietest gedaan kunnen worden.

Daarnaast is op dit moment nog onduidelijk in hoeverre ATCs effectief zijn teneinde minerale olie migratie naar voeding tegen te gaan. Om die reden kan geen definitieve beoordeling gegeven worden, maar is deze op zijn minst 0.

Beoordeling: 0 of hoger, op dit moment niet vast te stellen.



Figuur I-1. ATCs worden toegevoegd in de pulper aan het begin van het papierproductieproces. Na de pulper komt de papierpulp op een lopende band terecht waar het water eruit wordt gefilterd. Afhankelijk van de grootte van de synthetische ATCs, worden deze er tijdens het filteren deels uitgewassen.

Ketenveiligheid

Dit item wordt beoordeeld er vanuit gaande dat ATCs effectief zijn voor het verwijderen van minerale olie. Indien ATCs in grote mate gebruikt worden in gerecycled papier en karton, en dit wederom in de recyclingstroom komt, kan dit ervoor zorgen dat de hoeveelheid ATC gebonden minerale olie toeneemt in de OPK stroom aangezien het in de verpakking gefixeerd is en niet (naar voeding) gemigreerd is. De hoeveelheid (ATC gebonden) minerale olie in een OPKstroom hangt ook af het al dan niet uitwassen van de ATCs (en gebonden minerale olie) in het recyclingsproces. Mede aangezien onzeker is of de minerale olie daadwerkelijk te allen tijde gebonden zal blijven aan ATC's, zullen in een volgende recyclingronde de ATCs daarom opnieuw toegepast moeten worden voor het beoogde effect. Hiermee is de veiligheid te borgen mits ATCs overal opnieuw worden toegepast.

Beoordeling: - op basis van bovenstaande informatie en onzekerheden

Duurzaamheid

Materiaalbehoud

Er wordt verwacht dat het toevoegen van ATCs in de pulper geen invloed zal hebben op het behoud van de vezels en vulstoffen. Dit punt wordt ondersteund door het gegeven dat ATCs regulier als flocculant worden gebruikt in de papierindustrie. Het toevoegen van een te grote hoeveelheid ATCs kan echter leiden tot een viscositeitsverhoging en als gevolg webvorming van papier in het natteindstadium, waardoor de papierproductie niet meer mogelijk is. Een afgepaste hoeveelheid ATCs is daarom een vereiste. Er wordt verwacht dat een toevoeging van 1% ATCs aan de droge stof in de pulper (d.w.z. 0,01% op het geheel van papierslurry in de pulper) voldoende is om de minerale-oliefractie te binden en dat deze hoeveelheid een verwaarloosbare invloed heeft op de viscositeit.

Beoordeling: 0. Bij de juiste hoeveelheid toevoeging van ATCs wordt er geen verlies van vezels verwacht.

Additionele (energie)bronnen

Er wordt verwacht dat er geen extra processtap nodig is bij het gebruik van ATCs. Er zal wel apparatuur worden gebruikt voor het doseren van ATCs. Het bijkomend energieverbruik van deze apparatuur wordt in relatie tot het gehele energieverbruik op een zeer geringe hoeveelheid geschat

Beoordeling: 0 er wordt verwacht dat de additionele energiebronnen bij uitvoer van de technologie gering zijn en verwaarloosbaar op het gehele papierproductieproces

Afvalstromen

Gezien ATCs een conceptueel idee is en het nog niet op de markt verkrijgbaar is als minerale olie fixeerder in papier en karton, wordt verwacht dat als het toegepast gaat worden, er in het eerste stadium ook relatief veel restmateriaal kan overblijven zoals dit blijkt voor MB12. Dit aspect wordt echter beoordeeld bij 3.2.1 Efficiëntie productie.

Er wordt verwacht dat de meeste ATCs gefixeerd worden in het papier/kartonproduct, waardoor dit beperkt/niet in de afvalstroom wordt verwacht. Bovendien zijn ATCs ingedeeld in veiligheidsklasse 1, waardoor het product op zich laag toxisch is.

Beoordeling: 0, op basis van bovengenoemde aannames.

Haalbaarheid en kosten

Kosten

De kosten voor gezuiverd zeïne kosten 20-70 dollar³⁷ per kg afhankelijk van het niveau van de zuiverheid. De kosten voor synthetisch polyacrylaat bedragen 2-10 Euro/kg.

Op basis van de huidige inzichten wordt ingeschat dat de investeringskosten bij introductie van ATCs doseerapparatuur en een voorraadsilo betreffen. Daarnaast zullen kosten in rekening gebracht moeten worden voor kwaliteitscontrole. De kosten worden daarom ingeschat op scenario B.

Beoordeling: -, op basis van huidige inzichten.

Haalbaarheid

Efficiëntie productie

Omdat het toevoegen van ATCs aan het papierproductieproces een concepttechnologie is waarvoor nog geen marktvraag is, kan in het beginstadium relatief veel restmateriaal overblijven en verloopt de productie minder effectief. Dit is echter een aspect dat bij alle nieuwe methoden terugkomt, wat hersteld als de technologie volwassen wordt.

Daarnaast wordt er verwacht dat homogene verspreiding van ATCs in de pulper mogelijk een uitdaging is. Indien in dit kader maatregelen getroffen dienen te worden, is op dit moment niet bekend in hoeverre dit de efficiëntie van de productie kan beïnvloeden.

Ook zouden ATCs kunnen binden aan de papervezels, waardoor de binding van ATCs aan minerale oliën niet meer mogelijk is (verzadiging). Echter, er wordt verwacht dat synthetische ATCs zo aangepast kunnen worden dat de binding met cellulose zo veel mogelijk beperkt wordt.

Beoordeling: niet mogelijk in dit stadium op basis van bovenstaande argumentatie.

Implementeerbaarheid

De technologie ATCs is redelijk makkelijk te implementeren: er is geen diepte investering nodig wat betreft de aanschaf van nieuwe apparatuur of het aanpassen van recyclingprocessen (zie 3.1). Daarnaast worden ATCs al toegepast in de papierindustrie (Zhang, Hu, He, & Ni, 2009) wat kan leiden tot vergemakkelijking van de implementeerbaarheid. Wel is er kennisinvestering nodig in werkgevers en werknemers van een papierproductiefabriek voor het toepassen van de technologie.

Beoordeling: - / 0

TRL niveau

Ondanks dat ATCs in verschillende industrieën effectief worden toegepast waaronder de papierindustrie, is het nog niet voor dit doeleinde onderzocht/toegepast. Daarom wordt TRL niveau 0 gegeven.

³⁷ Momenteel is 70 US dollar maximaal 60 Euro.

Beoordeling: - - gezien het TRL-niveau van 0.

Kwaliteit eindproduct

Er wordt verwacht dat dankzij de lage hoeveelheid toegevoegd ATCs, er geen invloed is op de kwaliteit van het eindproduct. Aangezien het gebruik van ATCs voor dit doel op dit moment slechts een hypothese betreft waar nog geen goed beeld is van hoe de toepassing er in het productieproces uit gaat zien, worden op dit moment de aannames en onzekerheden te groot geacht om een beoordeling te kunnen doen.

Beoordeling: niet mogelijk in dit stadium op basis van bovenstaande argumentatie.

Referenties

Council of Europe. (1996). Resolution AP (96) 5 On surface coatings intended to come into contact with foodstuffs. *Council of Europe*, (October).

Food and Drug Administration. (2017). Code of Federal Regulations Title 21, Sec. 184.1984 Zein. Retrieved July 20, 2017, from <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=184.1984>

Zhang, H., Hu, H., He, Z., & Ni, Y. (2009). Highly Substituted Cationic Starch as an Anionic Trash Catcher for High-Yield Pulp. *Tappi Journal*, (July), 31–36.

J Evaluatie gefunctionaliseerde klei

Ten aanzien van klei als optie ter reductie van minerale oliën is informatie verkregen bij de TNO experts Ted Slaghek en Jacco Eversdijk die veel ervaring hebben met dit materiaal en verschillende toepassingen daarvan. Informatie werd ook verkregen via de literatuur in Scopus en NCBI Pubmed databases en eventueel gerichte Google zoekacties. Indien gebruik is gemaakt van literatuurbronnen, dan zijn deze benoemd. Het resterende deel is ingevuld op basis van TNO expertise.

Gefunctionaliseerde klei is een conceptueel idee dat als toepassing ter verwijdering van minerale oliën uit papier nog niet experimenteel onderzocht is. Daarom kunnen bepaalde items niet gescoord worden en zijn er waar nodig geacht aannames gedaan. Wanneer er aannames gedaan zijn is dit als zodanig benoemd. In de discussie worden suggesties gedaan om de potentie van gefunctionaliseerde klei verder te onderzoeken.

Zoals aangegeven in de beschrijving van de technologie wordt gefunctionaliseerde klei ook wel organoklei genoemd, wat een groepsbenaming betreft.

Productveiligheid

Toxiciteit

Organokleien

De OECD heeft een groepsbenadering gehanteerd voor de beoordeling van de toxiciteit van organokleien (OECD, 2007). Organokleien zoals aangegeven door het OECD zijn bentoniet, montmorilloniet, hectoriet en smectiet met een gekoppelde hydrofobe groep (gefixeerde ionen). Deze organokleien lijken sterk op elkaar wat betreft de basisstructuur, en verschillen voornamelijk door de gekoppelde hydrofobe groep (gefixeerde ionen). De ionen zijn sterk gekoppeld aan de klei en zullen niet snel loslaten. In de beschrijving van de verschillende typen organokleien in dit document staat ook het bis(dehydrogenated talk alkyl)dimethyl zout met bentoniet beschreven, welke overeenkomt met de productbeschrijving van Cloisite-20 – een voorbeeld van een organoklei die commercieel verkrijgbaar is (zie beschrijving technologieën). Cloisite-20 wordt door TNO experts als kandidaat voorgedragen om te testen op functionaliteit ter fixatie van minerale olie in de verpakking.

De OECD geeft aan dat op basis van toxicokinetische data er geen absorptie plaats zal vinden bij orale (gavage) blootstelling aan organoklei, maar dat het direct uitgescheiden zal worden in feces en verwaarloosbare eliminatie via urine en gal (OECD, 2007). Er is geen bewijs voor verblijf van organokleien in lichaamweefsel of systemische opname van de stof.

Acute orale toxiciteitsstudies met verschillende organokleien tonen dat de LD 50 groter is dan 5,0 mg/L. Orale repeated dose-toxicity studies (gavage/via voeding) zijn gedaan met verschillende type gehydrofobeerd bentoniet. Bij een 12-weken studie in ratten waarin 2M(2Alk) (Dialkyl chain quaternary ammonium compound) bentoniet werd toegevoegd aan de voeding, werd een NOAEL gevonden van 12.500-25.000 mg/kg lichaamsgewicht/dag (hoogste dosis getest). De NOAEL voor B(Alk)2M bentoniet in een 28-dagen studie in ratten werd bepaald op 1.000 mg/kg lichaamsgewicht/dag (enige dosis getest). Een LOAEL van 1000 mg/kg

lichaamsgewicht/dag is gevonden in een 28-dagen orale (gavage) studie in ratten bij blootstelling aan B(Alk)2M hectoriet. Effecten die gevonden werden zijn een verlaagde thrombotest tijd, verlaagde chloride en calciumniveaus en verhoogd gewicht van de bijnieren. Van repeated dose toxicity studies voor de andere typen organoklei zoals B(Alk)2M hectoriet, 2M(2Alk) hectoriet, B(2Alk)M bentoniet en B(2Alk)M montmorillonite worden door de OECD soortgelijke waarden verwacht. De OECD geeft aan dat organoklei niet geclassificeerd wordt als carcinogeen. Daarnaast worden er geen ontwikkelingstoxiciteit of reproductieve toxiciteit verwacht bij dosissen tot en met 1000 mg/kg lichaamsgewicht/dag. Op basis van deze informatie wordt de NOAEL van 1000 mg/kg lichaamsgewicht/dag geselecteerd als uitgangswaarde voor de toxiciteit van organoklei wat betekent dat deze onder veiligheidsklasse 1 valt.

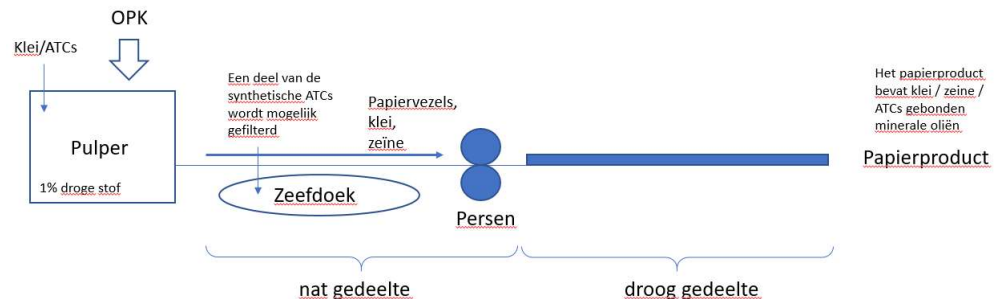
Het wordt niet verwacht dat er onzuiverheden aanwezig zijn in de kleien. Overigens worden commerciële kleien normaliter getest op onzuiverheden en wordt informatie hierover vastgelegd in veiligheidsinformatiebladen van het betreffende bedrijf.

Blootstelling en risicobeoordeling productveiligheid

Er wordt verwacht dat klei tijdens het papierproductieproces niet weggefilterd wordt tijdens het natte gedeelte van het papierproductieproces (zie figuur J-1) door de grootte van de kleideeltjes. Daarom zullen kleideeltjes indien toegepast hoogstwaarschijnlijk gefixeerd worden in het papierproduct. Er wordt echter aangenomen dat er beperkt tot geen migratie van gefunctionaliseerde klei (componenten) zal optreden gezien de compositie en zuivere samenstelling van het product. Aangezien de blootstelling beperkt wordt geacht, klei niet door het lichaam opgenomen wordt en het laag toxisch is, worden er geen/beperkte risico's voor productveiligheid verwacht bij het toepassen van gefunctionaliseerde klei in het papierproductieproces.

Daarnaast is op dit moment nog onduidelijk in hoeverre gefunctionaliseerde klei effectief is teneinde minerale olie migratie naar voeding tegen te gaan. Om die reden kan geen definitieve beoordeling gegeven worden, maar is deze op zijn minst 0.

Beoordeling: 0 of hoger, op dit moment niet vast te stellen.



Figuur J-1. Klei worden toegevoegd in de pulper aan het begin van het papierproductieproces. Na de pulper komt de papierpulp op een lopende band terecht waar water eruit wordt gefilterd.

Ketenveiligheid

Dit item wordt beoordeeld er vanuit gaande dat gefunctionaliseerde klei effectief is voor het verwijderen van minerale olie. Indien klei in grote mate gebruikt wordt in gerecycled papier en karton en dit wederom in de recyclingstroom komt, kan dit ervoor zorgen dat de hoeveelheid klei gebonden minerale olie toeneemt in de OPK stroom (aangezien het in de verpakking gefixeerd is en niet (naar voeding) gemigreerd is). De hoeveelheid (kleigebonden) minerale olie in een OPKstroom hangt ook af van het al dan niet uitwassen van de klei (en gebonden minerale olie) in het recyclingsproces. Mede aangezien onzeker is of de minerale olie daadwerkelijk te allen tijde gebonden zal blijven aan klei, zal in een volgende recyclingronde de klei opnieuw toegepast moeten worden voor het beoogde effect. Hiermee is de veiligheid te borgen mits klei opnieuw overal wordt toegepast.

Beoordeling: - op basis van bovenstaande informatie en onzekerheden

Duurzaamheid

Materiaalbehoud

Er wordt verwacht dat het toevoegen van klei aan het natte-eind van het papierproductieproces geen invloed zal hebben op het behoud van de vezels en vulstoffen. Dit punt wordt ondersteund door het gegeven dat bentoniet regulier als flocculant wordt gebruikt in de papierindustrie. Het toevoegen van een te grote hoeveelheid klei kan echter leiden tot een viscositeitsverhoging en als gevolg webvorming van papier in het natte eindstadium, waardoor de papierproductie niet meer mogelijk is. Een afgestemde hoeveelheid klei is daarom een vereiste. Er wordt echter verwacht dat bij een toevoeging van 1% klei aan de droge stof in de pulper (d.w.z. 0,01% op het geheel van papierslurry in de pulper) voldoende is om de minerale-oliefractie te binden en dat deze hoeveelheid een verwaarloosbare invloed heeft op de viscositeit.

Beoordeling: 0. Bij de juiste hoeveelheid toevoeging van klei wordt er geen verlies van vezels verwacht.

Additionele (energie)bronnen

Er wordt verwacht dat er geen extra processtap nodig is bij het gebruik van klei. Er zal wel apparatuur worden gebruikt voor het doseren van klei. Het bijkomend energieverbruik van deze apparatuur wordt in relatie tot het gehele energieverbruik op een zeer geringe hoeveelheid geschat.

Beoordeling: 0 er wordt verwacht dat de additionele energiebronnen bij uitvoer van de technologie gering zijn en verwaarloosbaar op het gehele papierproductieproces

Afvalstromen

Gezien klei een conceptueel idee is en het nog niet op de markt verkrijgbaar is als minerale olie-fixeerder in papier en karton, wordt verwacht dat als het toegepast gaat worden, er in het eerste stadium ook relatief meer restmateriaal kan overblijven zoals dit blijkt voor MB12. Dit aspect wordt echter beoordeeld bij 3.2.1 efficiëntie productie.

Er wordt verwacht dat klei gefixeerd worden in het papier/kartonproduct, waardoor dit beperkt tot niet in de afvalstroom wordt verwacht. Bovendien is klei ingedeeld in veiligheidsklasse 1, waardoor het product op zich laag toxisch is.

Beoordeling: 0, op basis van bovengenoemde aannames.

Haalbaarheid en kosten

Kosten

De kosten voor cloisite bedragen circa 1800 Euro/100 kg.

Op basis van de huidige inzichten wordt ingeschat dat de investeringskosten bij introductie van gefunctionaliseerde klei doseerapparatuur en een voorraadsilo betreffen. Daarnaast zullen kosten in rekening gebracht moeten worden voor kwaliteitscontrole. De kosten worden daarom ingeschat op scenario B.

Beoordeling: -, op basis van huidige inzichten

Haalbaarheid

Efficiëntie productie

Omdat het toevoegen van klei aan het papierproductieproces een concepttechnologie is waarvoor nog geen marktvaart is, kan in het beginstadium relatief veel restmateriaal overblijven en wordt verwacht dat de productie minder effectief verloopt. Dit is echter een aspect dat bij alle nieuwe methoden terugkomt, wat hersteld wordt als de marktvaart groeit.

Daarnaast wordt er verwacht dat homogene verspreiding van klei in de pulper mogelijk een uitdaging is. Indien in dit kader maatregelen getroffen dienen te worden, is op dit moment niet bekend in hoeverre dit de efficiëntie van de productie kan beïnvloeden.

Ook zou klei kunnen binden aan de papiergezels, waardoor de binding van klei aan minerale oliën niet meer mogelijk is (verzadiging). Echter, er wordt verwacht dat klei zo gefunctionaliseerd kan worden dat de binding met cellulose zo veel mogelijk beperkt wordt.

Beoordeling: niet mogelijk in dit stadium op basis van bovenstaande argumentatie.

Implementeerbaarheid

De technologie klei is redelijk makkelijk te implementeren: er is geen diepte investering nodig wat betreft de aanschaf van nieuwe apparatuur of het aanpassen van recyclingprocessen (zie 3.1). Daarnaast wordt klei al toegepast in de papierindustrie wat kan leiden tot vergemakkelijking van de implementeerbaarheid. Wel is er kennisinvestering nodig in werkgevers en werknemers van een papierproductiefabriek voor het toepassen van de technologie.

Beoordeling: - /0

TRL niveau

Ondanks dat functionele klei in verschillende industrieën effectief wordt toegepast, en bentoniet al wordt gebruikt in de papierindustrie, is het nog niet voor dit doeleinde onderzocht/ toegepast. Daarom wordt TRL niveau 0 gegeven.

Beoordeling: - - gezien het TRL-niveau van 0.

Kwaliteit eindproduct

Er wordt verwacht dat dankzij de lage hoeveelheid toegevoegd klei, er geen invloed is op de kwaliteit van het eindproduct. Aangezien het gebruik van klei voor dit doel op dit moment slechts een hypothese betreft waar nog geen goed beeld is van hoe de toepassing er in het productieproces uit gaat zien, worden op dit moment de aannames en onzekerheden te groot geacht om een beoordeling te kunnen doen.

Beoordeling: niet mogelijk in dit stadium op basis van bovenstaande argumentatie.

Referenties

OECD. (2007). Organoclay. SIDS Initial Assessment Profile, *SIAM* 25.

K Evaluatie schonere inkten

Zoals eerder is aangegeven is het huidige vraagstuk (minerale oliën in gerecycled OPK gebruikt voor voedselverpakking) mede een consequentie van gekoppelde ketens: de druk(inkt)industrie, de recyclingindustrie en de verpakkingindustrie. Bij de evaluatie van de potentie van het gebruik van schonere inkten betreft het een maatregel in de druk(inkt)industrie keten die een effect beoogd in de uiteindelijke verpakkingketen. Dit betekent dat de extra kosten van schonere inkten gemaakt moeten worden door bedrijven die daar uiteindelijk geen/beperkt belang bij hebben (drukkerijen, kranten, etc.), en niet bij de bedrijven die dat wel hebben (recyclebedrijven, voedselverpakkingindustrie). Tevens betekent dit dat de schonere inkten breed moeten worden toegepast om impact op de aanwezigheid van MOSH en MOAH in het uiteindelijke gerecyclede papier en karton te hebben en dat veel "schoon" drukwerk niet meer gebruikt wordt of voor andere doeleinden dan voedselcontact. De beoordeling wordt uitgevoerd onder de aanname dat 100% van het (gerecyclede) verpakkingsmateriaal afkomstig is van papier/karton dat met schonere inkten is bedrukt.

Productveiligheid

Toxiciteit

Omdat de exacte samenstelling van (schonere) inkten ontbreekt, is het niet mogelijk om het toxiciteitsrisico kwantitatief te schatten. Een kwalitatieve inschatting van de productveiligheid kan gedaan worden door het relatief vergelijken van potentieel vervangende stoffen. Het gebruik van plantaardige oliën in inkt of inkt gebaseerd op water vervangt deels of geheel de minerale-oliefractie gewonnen uit aardolie. MOSH en MOAH uit aardolie (Thoden van Velzen et al., 2018) hebben ten opzichte van oliën uit plantaardige bronnen een hogere mate van toxiciteit. Oliën vanuit plantaardige bronnen als soja, lijnzaad en olijven worden al eeuwenlang gegeten en kunnen daarom als relatief veilig worden beschouwd. Naast de reductie of eliminatie van minerale olie in inkten, moet er ook gedacht worden aan andere typen stoffen die vervangen kunnen worden door minder schadelijke stoffen zoals pigmenten en additieven. Daarom zijn deze inkten als vermoedelijk minder toxisch te beschouwen, maar is deze conclusie wel omgeven met een mate van onzekerheid.

Op basis van de huidige informatie is de veiligheidsrangorde "+", maar met een mate van onzekerheid.

Blootstelling en risicobeoordeling productveiligheid

Minerale-olievrije inkt zal zorgen dat er minder blootstelling aan MOSH/MOAH plaatsvindt via OPK. Echter, pas als schonere inkten op wereldwijde schaal worden toegepast, zal de blootstelling aan minerale oliën via OPK significant (en dus ook op totale blootstelling) afnemen. Het duurt dan naar verwachting vooralsnog 20 tot 30 jaar voordat er een reductie van 95% aan MOSH is (Thoden van Velzen et al., 2018). Vooral als krantenpapier bedrukt wordt met inkten op basis van plantaardige olie zal er een flinke reductie van minerale oliën in gerecycled OPK zijn en als

gevolg een verlaagde blootstelling aan MOSH en MOAH, aangezien krantenpapier nu bedrukt wordt met inkt met een hoog gehalte aan minerale oliën. Inkten op waterbasis kunnen alleen worden toegepast bij flexdruk geschikt voor golf- en vouwkarton, en niet bij heatset- of coldset-rotatie. Daarom zal het effect beperkt zijn bij vervanging door middel van inkt op waterbasis.

Beoordeling plantaardige inkt: + : bij ontwikkeling van een technisch geschikte plantaardige inkt voor coldset-rotatie zal de hoeveelheid minerale oliën in de OPK stroom naar verwachting sterk gereduceerd worden bij volledige toepassing van deze techniek in de krantensector. Naar verwachting is het product echter dan niet minerale-olie-vrij gezien de andere bronnen van minerale olie. Daarnaast ontbreekt er informatie over de exacte samenstelling.

Beoordeling inkt op waterbasis: 0/+ : bij gebruik van inkt op waterbasis zal er beperkte reductie plaatsvinden van minerale oliën in de OPK stroom; de impact van deze inkten zal gering zijn gezien de te verwachten lage aandeel van deze techniek. Ook ontbreekt hier informatie over de exacte samenstelling. Om deze reden de lagere beoordeling t.o.v. plantaardige inkten.

Ketenveiligheid

Omdat niet duidelijk is of met het gebruik van schonere inkten geen andere toxische stoffen worden geïntroduceerd, kan hierover in algemene zin geen uitspraak worden gedaan, ook al is de verwachting dat de schonere inkten in mindere mate uit toxische stoffen zullen bestaan dan de traditionele inkten. In ieder geval zal de ketenveiligheid met betrekking tot de aanwezigheid van MOSH en MOAH positief beïnvloed worden. De impact hiervan zal zich alleen doen gevoelen bij een hoge marktpenetratie van deze schone inkten.

Beoordeling: +, Op basis van de huidige informatie en genoemde aannames waaronder dat zowel plantaardige als inkt op waterbasis wereldwijd toegepast worden, wordt dit met een + beoordeeld. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat het naar verwachting decennia zal duren voordat dit stadium bereikt wordt (vertraging vanwege de wereldwijde handel) (Thoden van Velzen et al., 2018).

Duurzaamheid

Opgemerkt dient te worden dat duurzaamheid hier beoordeeld wordt vanuit het effect op het papier/kartonproduct in de OPK-keten. Bepaalde schonere inkten zoals gecertificeerde C2C inkten (cradle-to-cradle) zijn vanuit duurzaamheidsperspectief ontwikkeld, waarbij gebruik gemaakt wordt van hernieuwbare grondstoffen en toxische stoffen worden geëlimineerd (Green4Print, 2017).

Materiaalbehoud

De verwachting is dat het gebruik van plantaardige inkten en inkten op waterbasis geen invloed heeft op de recyclebaarheid van OPK. Daarom is de beoordeling 0.

Inkten op waterbasis en UV-inkten zijn volgens informatie van VVVF moeilijker te verwijderen uit papier (VVVF, 2017). Aangezien dit in het kader van de minerale-olieproblematiek hiermee ook niet relevant wordt geacht (het is al minerale olie-vrij) wordt dit niet mee beoordeeld.

Additionele energiebronnen

Het is moeilijk om in te schatten of er additionele energiebronnen nodig zijn voor het drukken met plantaardige inkt, aangezien dit afhankelijk is van het type inkt en de druktechniek (VVVF, 2017).

Vanwege onzekerheden is er daarom geen beoordeling toegekend voor de toepassing van plantaardige inkt.

Voor inkten op waterbasis echter, kost het drogen van de inkt drie keer zoveel energie (Robertson, 2016). Volgens Green4Print geldt dit alleen voor niet-absorberende substraten en derhalve niet voor papier en karton. Deze informatie is derhalve tegenstrijdig en op basis van de huidige kennis niet met zekerheid te beoordelen. Daarnaast betreft het in beide gevallen informatie van 1 bron die niet getoetst is door anderen (wat bijvoorbeeld wel het geval is bij een peer-reviewed publicatie). Indien de informatie van Robertson gevolgd wordt, is de beoordeling een - terwijl indien de informatie van Green4Print gevolgd wordt, dit resulteert in een 0 beoordeling.

Afvalstromen

Er wordt niet verwacht dat er andere afvalstromen zijn bij het gebruik van de schonere inkten. Daarom is de beoordeling voor beide inkten 0.

Haalbaarheid en kosten

De haalbaarheid en de kosten hebben betrekking op de druk(inkt)industrie. Waar voorheen de aspecten beoordeeld zijn vanuit het eindproduct (de verpakking), worden de onderstaande aspecten (met uitzondering van kwaliteit eindproduct) beoordeeld voor druk(inkt)industrie van de substraten.

Kosten

Het is zeer belangrijk dat de inkten compatibel zijn met de materialen die gebruikt worden in de drukkers. Als deze materialen voor plantaardige inkten vervangen moeten worden is dat een aanzienlijke investering. De kosten voor het vervangen van rollers van een grote offset drukkersruimte worden geschat op 1 miljoen euro. Indien het proces stil gelegd moet worden tijdens de vervanging van de drukkersmaterialen, zouden additionele kosten moeten worden ingecalculeerd voor deze stilstand. Daarnaast zou het kunnen voorkomen dat pers-instellingen en kalibratiescurves van de drukplaten aangepast moeten worden door het verschil in inkt-waterbalans tussen conventionele inkten en plantaardige inkten. (VVVF, 2017)

Volgens Green4Print kunnen de huidige gecertificeerde inkten probleemloos toegepast worden op de bestaande drukpersen en hoeven rollers niet vervangen te worden. Dit geldt voor coldset en vellenoffset. Voor heatset zou er onderzoek gedaan moeten worden betreffende het gebruik van plantaardige oplosmiddelen in verband met incineratie (Green4Print, 2017).

Volgens Robert, 2015 is de reactietijd en hoge temperatuur een hoge kostenpost bij plantaardige (soja) inkt. Aan de andere kant wordt er speciaal voor kleureninkt gevonden dat er minder pigmenten nodig zijn bij soja-inkt wat kosten kan reduceren (Robert, 2015). Volgens Green4Print zijn inkten op basis van vetzuuresteroplosmiddelen een beter alternatief aangezien wegslag, verduikbaarheid en persgedrag van deze inkten probleemloos is (Green4Print, 2017).

De prijs van de grondstoffen hangt af van de oorsprong van de plantaardige oliën en esters (VVF, 2017). Over het algemeen kan echter gesteld worden dat schonere inkten duurder zijn dan de traditionele inkt. Volgens Green4Print kan uitgegaan worden van een 25-30% hogere kostprijs ten opzichte van traditionele inkt. Deze kostprijs is volgens Green4Print echter slechts 1-1.5% van de kostprijs van drukwerk.

Voor watergebaseerde inkt kon geen informatie verkregen worden over investeringskosten voor het vervangen of aanpassen van drukpersen.

Over het geheel genomen is het niet met feiten te onderbouwen en daarmee te beoordelen of er aanzienlijke aanpassingen in het proces gedaan moeten worden en welke kosten dit met zich mee zal brengen. Gezien het gegeven dat om het minerale-olieprobleem vanuit deze route aan te pakken wereldwijd overal schonere inkt toegepast zouden moeten worden en dat momenteel de schonere inkt circa 25-30% duurder zijn dan de traditionele inkt, wordt verwacht dat de totale kosten significant verhoogd (categorie C) zijn bij het gebruik van plantaardige inkt en inkt op waterbasis. In geval blijkt dat het drukproces niet aangepast hoeft te worden voor toepassing van de schonere inkt, zullen de additionele kosten per drukkerij beperkt zijn (hogere kostprijs inkt). Gezien de tegenstrijdigheid in informatie over effect op drukproces in deze, kan hier met de kennis van nu geen beoordeling voor gegeven worden. Ook dient opgemerkt te worden dat de kosten gemaakt moeten worden door partijen die geen direct (voedselveiligheids)belang hebben, omdat ze inkt ontwikkelen voor producten die in meerderheid niet bedoeld zijn voor voedselcontact (kranten/tijdschriften etc).

Beoordeling plantaardige inkt: --, vanuit oogpunt totale kosten voor maximaal effect op de minerale-olieproblematiek. Kosten per drukkerij/situatie kunnen op basis van de huidige informatie niet ingeschat worden

Beoordeling inkt op waterbasis: --, vanuit oogpunt totale kosten voor maximaal effect op de minerale-olieproblematiek en eventueel een hogere energieconsumptie t.o.v. plantaardige inkt. Laatste aspect maakt geen verschil in de beoordeling. Kosten per drukkerij/situatie kunnen op basis van de huidige informatie niet ingeschat worden

Haalbaarheid

Efficiëntie productie

Het coldset-rotatieproces voor kranten is zeer snel. Volgens informatie via VVVF moeten de eigenschappen van de inkt geoptimaliseerd worden om dit proces net zo snel te laten verlopen voor plantaardige inkten (VVVF, 2017). Voor inkt op waterbasis treedt mogelijk papierbreuk als gevolg van water in het papier (Green4Print, 2017).

Beoordeling plantaardige inkt: niet te beoordelen, aangezien plantaardige coldset inkten nog niet op grote schaal voor dit doel worden toegepast en er veel variabelen zijn, is het niet mogelijk een goede inschatting te doen betreffende de productie-efficiëntie.

Beoordeling inkt op waterbasis: - om bovenstaande redenen.

Implementeerbaarheid

Voor zowel het gebruik van schonere inkten op waterbasis als plantaardige inkten zijn er procesmatig mogelijk veranderingen nodig voor toepassing in drukkerijen waar tot nu toe conventionele inkten worden gebruikt. Om schonere inkten te implementeren dienen er hoe dan ook nieuwe kennis en vaardigheden verworven worden. Er moet onder andere kennis zijn van de meest optimale condities en eventueel hoe de nieuwe druktechniek geïmplementeerd moet worden. Verder zal er bijscholing nodig zijn voor zowel voor werknemers als werkgevers in de druksector.

Inkt op waterbasis wordt echter al in zekere mate toegepast bij flexdruk voor golfkarton wat de implementatie vergemakkelijkt.

Beoordeling voor de implementeerbaarheid van plantaardige inkt en inkt op waterbasis is - op basis van bovenstaande argumentatie.

TRL niveau

Voor vellenoffset en inkjet printers zijn er plantaardige inkten op de markt (Robert, 2015). Op basis van informatie over het onderzoeksproject van de Umwelt Bundesamt lijkt dat toepassing van plantaardige inkten voor coldset-rotatie in ontwikkeling is (VVVF, 2017).

Een onderzoekproject dat uitgaat van de Umwelt Bundesamt heeft inkten ontwikkeld gebaseerd op 100% plantaardige oliën en esters, maar die voldoen nog niet aan de eisen voor het zwellen van alle rubberen materialen die gebruikt worden in de drukpersen. Daarnaast zijn een aantal eigenschappen nog niet voldoende doorontwikkeld, zoals de snelheid van afzetten en drogen, de mate van vervloeiing ("reologie"), en de inkt-waterbalans. De inkten worden op dit moment verder ontwikkeld voordat er nieuwe coldset bedrukkingstesten worden gestart voor plantaardige coldset inkten met mogelijk verbeterde eigenschappen (VVVF, 2017). Het TRL-niveau voor deze toepassing wordt op basis van deze informatie beoordeeld op TRL 5. Green4Print geeft echter aan dat plantaardige inkten al geschikt zijn voor toepassing in coldset-rotatie op de bestaande drukpersen (Green4Print, 2017). De bronnen geven een tegenstrijdigheid in informatie die tijdens dit verkennende onderzoek niet op basis van feiten geduid en beoordeeld kon worden. Inkt op waterbasis wordt al toegepast op golfkarton en vouwkarton met flexdruk, maar zijn zover onze kennis reikt niet mogelijk voor coldset-rotatie. De beoordeling voor inkt op waterbasis voor flexdruk is TRL-niveau 9.

Beoordeling:

Beoordeling voor plantaardige inktten: niet te beoordelen vanwege tegenstrijdige informatie

Inkt op waterbasis: ++, TRL niveau 9. Inkt op waterbasis wordt al toegepast op golf- en vouwkarton. Er moet wel rekening gehouden worden met het feit dat inkt op waterbasis niet kan worden toegepast voor coldset- en heatset-rotatie.

Kwaliteit eindproduct

De kwaliteit van het eindproduct, gerecycled OPK, zal naar verwachting niet beïnvloed worden door de overschakeling naar schonere inktten in de drukindustrie. Beoordeling is der halve 0. Dit geldt als het wordt gezien vanuit verpakkingsproducten waar geen ontinkting op toegepast wordt. In het geval (veelal niet voor voedselverpakkingen) dat inktten op waterbasis gebruikt worden is het volgens informatie van VVVF moeilijk om het OPK product te ontinkten (witter te maken).

Referenties

Green4Print. (2017). *Green4Print, mondelinge en schriftelijke communicatie in kader van dit onderzoek.*

Robert, T. (2015). "green ink in all colors" - Printing ink from renewable resources. *Progress in Organic Coatings*, 78, 287–292.
<https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2014.08.007>

Robertson, G. L. (2016). *Food Packaging: Principles and Practice* (3rd ed.). CRC Press.

Thoden van Velzen, E., Leeman, W., & Krul, L. (2018). Levensmiddelenverpakkingen gemaakt van oud-papier en karton: migratie van minerale oliën.

VVVF. (2017). *VVVF, mondelinge en schriftelijke communicatie in kader van dit onderzoek.*