Affaldsforebyggelse - Miljø og sundhed i forsyningskæder

Case: Vurdering af risiko for forureninger i plast fra Dansk Affaldsminimering

Technical Note

October 2018

The expert in **WATER ENVIRONMENTS**

This report has been prepared under the DHI Business Management System certified by Bureau Veritas to comply with ISO 9001 (Quality Management)

ISO 9001
Management System Certification
BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S

Approved by

19-10-2018

X Helle Buchardt Boyd

Approved by

Signed by: Helle Buchardt Boyd

Affaldsforebyggelse - Miljø og sundhed i forsyningskæder

Case: Vurdering af risiko for forureninger i plast fra Dansk Affaldsminimering

Prepared for	Dansk Affaldsminimering og Dansk Materiale Netværk
Represented by	Kim Dalsgaard, Dansk Affaldsminimering og Mia Podlech, Dansk Materiale Netværk

Produkt fra Dansk Affaldsminimering

Forfattere	Helle Buchardt Boyd og Dorte Rasmussen
Quality supervisor	Margrethe Winther-Nielsen

Project number	11560207
Approval date	2018-10-19
Revision	
Classification	Open
	Open means that this document can be shared inside and outside DHI without prior approval. **Restricted** means that this document can be shared within DHI whereas sharing it outside DHI is subject to prior approval. **Confidential** means that within DHI, this document is only accessible to the project team members and sharing it outside DHI is subject to prior approval.

DHI • Agern Allé 5 • DK-2970 Hørsholm • Denmark
Telephone: +45 4516 9200 • Telefax: +45 4516 9292 • dhi@dhigroup.com • www.dhigroup.com

INDHOLD

1 Introduktion 3

2 Problemformulering 3

3 Generel toksikologisk vurdering af plast fra husholdningsaffald 4
3.1 Beskrivelse af plast fraktionen fra husholdningsaffald 6
3.2 Hvilke stoffer kan den indsamlede plast indeholde? 7

4 Hvad siger lovgivningen? 4

5 Hvordan kan man kontrollere uønskede stoffer i genanvendelsen? 5

6 Vurdering af polypropylenbægre fra festival 9
6.1 Karakterisering af ølbægrene 10
6.2 Karakterisering af øl 11
6.3 Karakterisering af forureningerne 12
6.3.1 Nikotin (54-11-5) 13
6.3.2 Benz[a]pyren (B[a]P) (50-32-8) 14
6.3.3 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone (NNK) (64091-91-4) 15
6.3.4 Cadmium (7440-43-9) 16
6.4 Beregningsresultater 16
6.4.1 Optag i plastikbægrene 16
6.4.2 Frigivelse fra plastikbægrene 19
6.4.3 Realistisk scenarie 21
6.4.4 Eksponering 21
6.4.5 Tolerabelt Dagligt Indtag og tolerabel afgivelse/indhold 21
6.4.5.1 Nikotin 21
6.4.5.2 Benz[a]pyren 22
6.4.6 NNK 22
6.4.6.1 Cadmium 22
6.5 Risikovurdering 22

APPENDICES

APPENDIX A – Kemiske stoffer i cigaretter

APPENDIX B– Migrationsberegninger af genbrugsplast til fødevaresimulanter

Sammendrag

Denne case indgår som del af DHIs projekt om “Affaldsforebyggelse - Miljø og Sundhed i Design- og Forsyningskæder”, delopgave ”Metode til vurdering af risici for utilsigtede persisterende forureninger af emballage”.

Casen indgår også som del af Dansk Materiale Netværks projekt ” Øget genanvendelse af plast fra husholdningsaffald”.

Dansk affaldsminimering modtager plastaffald fra husholdninger fra Randers kommune.

For at kunne forøge genanvendelsesgraden for denne ressource er det dog nødvendigt, at materialet er homogent, dvs. udsorteret og renset, hvilket er Dansk Affaldsminimerings formål. Endvidere forøger det ressourcens værdi, hvis materialet karakteriseres, således at materialeegenskaberne fastlægges, hvorved nye produkter og markeder kan identificeres.

En anden barriere for at genanvende denne ressource er spørgsmålet om, hvorvidt plasten efter udsortering og rensning kan være sundhedsskadelig bl.a. under den efterfølgende videre formgivningsproces og under anvendelse af produkterne. Derfor foretages en toksikologivurdering af plastfraktionen udført af DHI.

En toksikologivurdering af hele plastfraktionen er dog en meget kompleks opgave, da plast fra husholdningsaffald kan bestå af mange forskellige polymere, og det kan, udover den anvendelse, det har været tiltænkt, også have været udsat for opbevaring af kemikalier, som f.eks. pesticider, lakfortyndere og rengøringsmidler.

Vi har derfor delt opgaven i to: først behandles spørgsmålet generelt, ud fra hvad der kan være af stoffer i sådanne produkter fremstillet af genanvendt husholdningsplast; dernæst har vi opstillet et scenarie, hvor vi har en relativt homogen affaldsfraktion bestående af ølbægre af polypropylen fra en festival.

Resultatet af første spørgsmål er at der kan være tusindvis af stoffer i den genanvendte husholdningplast. På baggrund af en opgørelse fra en forskergruppe baseret i Schweiz, anslås det at det er sandsynligt at kunne finde 63 stoffer, der rangerer højt mht. sundhedsfare og 68 mht. miljøfare. 7 af 906 sandsynligt tilstedeværende stoffer er på EU's liste over persisterende, bioakkumulerbare og giftige stoffer (PBT) eller meget persistente og meget bioakkumulerbare (vPvB), og 15 regnes for hormonforstyrrende (EDC). Det kræver derfor en nærmere karakteristik af recyklatet for at kunne afgøre om det er for farligt til de påtænkte anvendelser. I kapitel 5 er der angivet de standarder, der kan tages i anvendelse for at gennemføre sådanne karakteristikker.

Anderledes forholder det sig med en nogenlunde homogen fraktion som ølbægre fra en festival. Vi har her en god ide om hvad de har været udsat for, og har regnet på et scenarie, hvor der har været slukket cigaretter i ølsjatter.

Vores beregninger viser, at der umiddelbart ikke ser ud til at være et problem med polypropylenbægre, selv om brugerne kan finde på at skodde cigaretter i bægrene. Generelt viser vores beregning, at der kan påregnes en meget stor sikkerhedsmargen for eksponering i forhold til det tolerable. For ét af de stoffer, der forekommer i tobak, NNK (en kræftfremkaldende nitrosamin), er der dog kun en usikkerhedsmargen på højst 50 gange, hvilket er i underkanten, fordi det tolerable daglige indtag er ukendt og kan være uhyre lille.

Dertil kommer, at der selvfølgelig også kan være andre stoffer end de fire udvalgte.

Ingen af de recyklater, der kommer ud af Dansk Affaldsminimering kan bruges til fødevarekontaktmaterialer, da dette vil kræve en godkendelse af genanvendelsesprocessen. De kan muligvis bruges til fremstilling af andre artikler, men det er nødvendigt at karakterisere recyklaterne nøjere mht indhold af stoffer på henholdsvis kandidatlisten, restriktionslisten og godkendelseslisten (del af kemikalielovgivning REACH), for at undgå udledning af problematiske stoffer til mennesker og miljø. Der findes i nærværende rapport henvisning til en række standarder, der angiver hvorledes en sådan karakteristik kan udføres.

1 Introduktion

Denne case indgår som del af DHIs projekt om “Affaldsforebyggelse - Miljø og Sundhed i Design- og Forsyningskæder”, delopgave ”Metode til vurdering af risici for utilsigtede persisterende forureninger af emballage”.

Casen indgår også som del af Dansk Materiale Netværks projekt ”Øget genanvendelse af plast fra husholdningsaffald”.

Dansk Affaldsminimering modtager plastaffald fra husholdninger fra Randers kommune. Under den nationale Cirkulære Økonomi HUB, hvor fokus på post-consumer plastaffald er stort, arbejdes der på at overvinde barrierer for genanvendelse af plastaffald fra husholdninger.

For at kunne forøge genanvendelsesgraden for denne ressource er det dog nødvendigt, at materialet er homogent, dvs. udsorteret og renset, hvilket er Dansk Affaldsminimerings formål. Endvidere forøger det ressourcens værdi, hvis materialet karakteriseres, således at materiale egenskaberne fastlægges, hvorved nye produkter og markeder kan identificeres.

En anden barriere for at genanvende denne ressource er manglende viden om, hvorvidt plasten efter udsortering og rensning kan være sundhedsskadelig bl.a. under den efterfølgende videre formgivningsproces og under anvendelse af produkterne. Derfor foretages en toksikologivurdering af plastfraktionen udført af DHI.

2 Problemformulering

Øget genanvendelse af plast fra husholdningsaffald medfører risiko for kontaminering af plasten med diverse kemiske stoffer. Spørgsmålet er, i hvor høj grad dette kan påregnes at ske, og om det kan medføre begrænsninger i anvendelsen af det regenererede materiale.

Dette er et meget komplekst spørgsmål, da plast fra husholdningsaffald kan bestå af mange forskellige polymere. Samtidig kan plasten have været anvendt til helt andre formål end tiltænkt, hvilket kan omfatte opbevaring af kemikalier som f.eks. pesticider, lakfortyndere og rengøringsmidler.

I det følgende behandles spørgsmålet derfor både generelt, ud fra hvad der kan være af stoffer i sådanne produkter fremstillet af genanvendt husholdningsplast (afsnit 5), og for et specifikt scenarie, hvor vi har en affaldsfraktion bestående af ølbægre af polypropylen (afsnit 6). Inden afsnittene med de to toksikologivurderinger findes en kort gennemgang af lovgivningen (afsnit 3) og metoder til kontrol af om der er uønskede stoffer i det genanvendte plastaffald (afsnit 4).

3 Hvad siger lovgivningen?

Hvis genanvendt plast skal anvendes som emballage til fødevarer, skal genanvendelsesprocessen være godkendt[1]. Det forudsætter normalt, at kilden til det genanvendte plast er kendt, og ikke varierer så meget som det indsamlede husholdningsplast gør. Der er dog en chance for, at mere homogene fraktioner som f.eks. ølbægre fra en festival ville kunne genanvendes. For at undersøge dette, har vi derfor gennemført en nærmere vurdering af en sådan fraktion ud fra tænkte forudsætninger.

Skal den genanvendte plast anvendes som emballage til kosmetiske produkter eller lægemidler skal den kunne leve op til kosmetik- hhv. lægemiddellovgivningen. Det vil i praksis sige, at den genanvendte plast som minimum skal være godkendt til emballage til fødevarer, hvilket igen forudsætter godkendelse af genvindingsprocessen.

Hvis den genanvendte plast skal anvendes som generel emballage, er der grænser for hvor meget den må indeholde af tungmetaller[2]:

- max koncentration af bly, cadmium, kviksølv og hexavalent chrom: 100 ppm (vægtbasis, til sammen)

Endelig skal man være opmærksom på, at når affaldet ikke længere betragtes som affald, men sælges som råvare til anden produktion er der visse begrænsninger i kemikalielovgivningen, REACH. I REACH sammenhæng betegnes nyttiggjort plastaffald som en ”blanding”. Hvis denne blanding videreforarbejdes til "en genstand, der under fremstillingen har fået en særlig form, overflade eller design, der i højere grad end den kemiske sammensætning er bestemmende for dens funktion" har man en artikel.

Hvis den genanvendte plastråvare (hvad enten det er en blanding eller en artikel) indeholder stoffer på kandidatlisten (pt. 191 stoffer)[3], i en koncentration på over 0,1 vægtprocent, medfører det en forpligtelse til at gøre den professionelle køber opmærksom på dette og oplyse om sikker anvendelse i et sikkerhedsdatablad. Man kan fortsat levere den genanvendte plast med stoffet, men man skal kontrollere, om stoffet er opført på restriktions- eller godkendelseslisten under REACH. Det er måske kun et spørgsmål om tid, før reglerne strammes for det pågældende stof, og kunden vil måske foretrække at opnå en forretningsmæssig fordel ved at gå væk fra et særligt problematisk stof og over til et mere sikkert alternativ.

Det europæiske kemikalieagentur, ECHA, har udgivet en kortfattet vejledning[4] om krav til stoffer i artikler, som er god at konsultere, for at finde ud af hvordan man skal forholde sig til et eventuelt indhold af problematiske stoffer i den genanvendte plast. Der findes en lignende vejledning om affald og nyttiggjorte stoffer[5].

Er der i den genanvendte plast stoffer, som står på restriktionslisten[6] eller godkendelseslisten[7] kan dette medføre, at den genanvendte plast kun kan bruges under særlige omstændigheder eller efter særlig godkendelse.

---

[1] KOMMISSIONENS FORORDNING (EF) Nr. 282/2008 af 27. marts 2008 om materialer og genstande af genvundet plast bestemt til kontakt med fødevarer og om ændring af forordning (EF) nr. 2023/2006

[2] BEK nr 1455 af 07/12/2015 om visse krav til emballager

[3] Kandidatlisten over særligt problematiske stoffer til godkendelse

[4] Kortfattet vejledning om krav til stoffer i artikler Version 3.0 – december 2017.

[5] Vejledning om affald og nyttiggjorte stoffer. Version: 2 Maj 2010

[6] Liste over begrænsninger

[7] Liste over godkendelsespligtige stoffer

Genanvendelse af plast udsorteret fra husholdningsaffald (post-consumer) udgør derfor et problem i forhold til REACH, fordi sporbarheden er minimal. Man kan ikke umiddelbart afgøre, om der skulle være plastaffald i bunken, som f.eks. legetøj og emballage, der kan være importeret direkte fra Kina, f.eks. via postordre udenfor den kontrol, som professionelle importører er forpligtet til.

4 Hvordan kan man kontrollere uønskede stoffer i genanvendelsen?

Hvis der er fuld sporbarhed på det genanvendte plastaffald, kan man nøjes med en teoretisk analyse og et ræsonnement, der kan begrænse antallet og arten af kemiske analyser.

Hvis der er tale om husholdningsaffald, er man nødt til at teste efter stoffer på kandidatlisten, begrænsningslisten og godkendelseslisten. Det kan hurtigt løbe op i analyseudgifter.

Polymer Comply Europe (PCE) har redskaber, der evt. kan hjælpe med en fremgangsmåde. Deres brugervejledning til deres system til udfærdigelse af sikkerhedsdatablade for recyklater giver en god oversigt over de pligter, der skal varetages[8].

Der eksisterer en række standarder for karakteristik af plast-recyklater:

CEN/TR 15353 Guidelines for the development of standards for recycled plastics

EN 15343 Recycling traceability and assessment of conformity

EN 15344 Characterisation of Polyethylene (PE) recyclates

EN 15344 Characterisation of Polypropylene (PP) recyclates

EN 15346 Characterisation of poly(vinyl chloride) (PVC) recyclates

EN 15348 Characterization of poly(ethylene terephthalate) (PET) recyclates

EN 15342 Characterisation of polystyrene (PS) recyclates

EN 15347 Characterisation of waste plastics

prCEN/TS 16010 Sampling procedures for testing plastics waste and recyclates

prCEN/TS 16011 Sample preparation

Disse standarder kan erhverves hos Dansk Standard.

[8] SDS-R User Guidance. Polymer Comply Europe Authors: Nikola Svobodova, Geoffroy Tillieux, Patrick de Kor.. 14 January 2016

5 Generel toksikologisk vurdering af plast fra husholdningsaffald

5.1 Beskrivelse af plastfraktionen fra husholdningsaffald

Plast frasorteres fra husholdningsaffald i Randers kommune. På den kommunale opsamlingsstation håndsorteres alt det indsamlede plast, således at HDPE flasker og PET-sodavands-/vandflasker sorteres fra. Den resterende plastfraktion fra husholdnings-affaldet sendes til Dansk Affaldsminimering.

På Figur 1 ses flowdiagrammet for den vaske-og sorteringsprocessen, der udføres hos Dansk Affaldsminimering:

Under vaske og sorteringsprocessen frasorteres således metal og glas, stort set al PET, PA, PVC samt andre plasttyper, der ikke er bundet til PE eller PP via en sammensmeltning. Efter massefyldeseparationen står man tilbage med tre fraktioner:

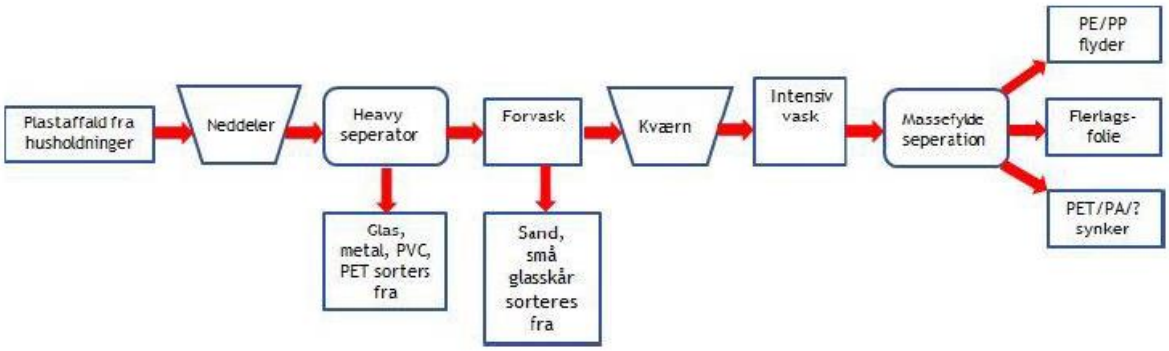
1) PE og PP med massefylde mindre end vands.

2) Flerlagsfolier hovedsagelig fra fødevareemballage, der under separationen fordeler sig i vandsøjlen afhængig af deres massefylde. Det skal bemærkes at massefylden bl.a. afhænger af andelen af PE eller PP.

3) PET, PA og andre plasttyper, med massefylde større end vands

Andelen af fraktionerne fordeler sig med hhv. 50, 20 og 30% for fraktion 1, 2 og 3.

Det er fraktionerne 1 og 2, der skal toksikologivurderes, idet flerlagsfolierne blandes i PE/PP fraktionen igen, da spildet ellers er for stort.



Figur 1. Flowdiagram over Dansk Affaldsminimerings vaske- og sorteringsproces.

Til brug for toksikologivurderingen har DHI fremsendt følgende spørgsmål:

1. Kender Dansk Affaldsminimering den præcise oprindelse af hver plasticbatch, som tages i arbejde? F.eks. drikkebægre fra festival, plastic frasorteret fra husholdningsaffald osv.

2. Hvem har foretaget sorteringen: forbrugerne eller er det foregået centralt?

3. Hvordan er sorteringen foregået: ”blød/hård plast” hos forbrugerne, efter densitet eller hvorledes?

4. Kan der være PVC i det endelige plastprodukt (granulatet)?

5. Er den plast de modtager blevet vasket på forhånd? Med hvad og hvor længe?

6. Hvilke polymere består hver enkelt batch, som de har gennem anlægget, af? Kan de give en procentandel for renhed mht. polymertype?

DHI modtog følgende svar:

Ad. 1: som beskrevet i ovenstående afsnit.

Ad 2 og 3: Sorteringen er foregået først ved forbrugeren, derefter ved Randers kommunes genbrugsstation og endelig ved dansk Affaldsminimering, som beskrevet.

Ad 4: I indgangsstrømmen plastaffald fra husholdninger er fødevareemballagen den største del og heri må der ikke være PVC. Dog kan forbrugere godt smide PVC i affaldsbeholderen til plast, eksempelvis kan drikkedunke til børn, der importeres fra Kina, være fremstillet af PVC. Endvidere kan der forekomme labels på diverse produkter, der kan være PVC. Som det fremgår af flowdiagrammet i figur 1 separeres PVC ud under flere procestrin i vaske og sorteringsprocessen. Andelen af PVC vil derfor være meget lille, men man kan ikke sige at den er nul, idet PVC kan være limet, svejset eller smeltet sammen med PE eller PP.

Ad 5: Plasten, der modtages af Dansk Affaldsminimering er ikke som sådan vasket på forhånd, kun i det omfang forbrugeren gør det inden plasten lægges i affaldsbeholderen. Her kan der evt. være tale om almindeligt opvaskemiddel, som evt. kan sidde som en rest når Dansk Affaldsminimering modtager plastaffaldet.

Ved Dansk Affaldsminimering vaskes plasten i to procestrin. Der tilsættes desinfektionsmiddel til vaskekarrene i det område, hvor vandspejlet kan variere. Dette gøres for at undgå, at der dannes en bakteriehinde og andre aflejringer i vaskekarret.

Det aktive stof i desinfektionsmidlet og dets fareklassificering og mærkning er angivet herunder.

Indholdsstof	Index-nr.	CAS/EF-nr.	CLP-klassificering	w/w %	Note
Kvaternære ammoniumforbindelser, benzyl-C8-18-alkyldimethyl-, chlorider	612-140-00-5	63449-41-2 / 264-151-6	Acute Tox. 4;H302+H312, Skin. Corr. 1B;H314, Aquatic Acute 1;H400	<3	-

Ad 6: Efter vaske- og sorteringsprocessen opnås et produkt, der består af 70-80% PE/PP.

5.2 Hvilke stoffer kan den indsamlede plast indeholde?

I princippet kan plasten indeholde mange tusinde stoffer. Plasten er oprindelige fremstillet ud fra en række stoffer. Det kan f.eks. være:

Monomere

Intermediære

Opløsningsmidler

Overfladeaktive stoffer

Blødgørere

Stabilisatorer

Biocider

Flammehæmmere

Farvestoffer

UV-filtre

Antioxidanter

Derudover kan der være ikke-tilsigtede stoffer (NIAS, non-intentionally added substances). Det kan f.eks. bestå af:

Oligomere

Urenheder

Nedbrydningsprodukter

Hele brugsprocessen kan yderligere tilføre ikke-tilsigtede stoffer til polymeren, det kan f.eks. være:

Mykotoksiner (hvis der efterlades madrester, hvorpå mug kan gro og danne mykotoksiner)

Parfume (fra parfumerede produkter, som f.eks. rengørings- og vaskemidler, sæbe og shampoo)

Aromastoffer (fra madvarer, naturlige og tilsatte)

En forskergruppe ledet af Food Packaging Foundation i Schweiz[9] har i en foreløbig publikation fra juli 2018 oplyst, at der i plastemballage sandsynligvis er 906 forskellige kemiske stoffer og muligvis 3377 andre kemiske stoffer. Af de 906 sandsynligt tilstedeværende stoffer rangerer 63 højt mht. sundhedsfare og 68 mht. miljøfare. 7 af de 906 sandsynligt tilstedeværende stoffer er på EU's liste over persisterende, bioakkumulerbare og giftige stoffer (PBT) eller meget persistente og meget bioakkumulerbare (vPvB), og 15 regnes for hormonforstyrrende (EDC). Opregningen af alle disse stoffer er samlet i to Excel-ark, der senere skal indgå i en database, hvor tilknytningen til de forskellige polymere også fremgår. DHI er også i besiddelse af denne database. Arbejdet med at indsamle sådanne oplysninger er meget tidskrævende og behæftet med stor usikkerhed. Der kan således både være flere og færre end de opregnede stoffer.

Et eksempel på at en genanvendt polymer kan opsamle forureningsstoffer under anvendelsescyklus er PET, hvor der fornylig er konstateret Bisphenol A (BPA)[10], som er et hormonforstyrrende stof. Der anvendes normalt ikke bisphenol BPA ved fremstillingen

[9] Groh KJ, Backhaus T, Carney-Almroth B, Geueke B, Inostroza PA, Lennquist A, Maffini M, Leslie HA, Slunge D, Trasande L, Warhurst M, Muncke J. (2018) Chemicals associated with plastic packaging: Inventory and hazards. *PeerJ Preprints* 6:e27036v1https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.27036v1.

[10] Dreolin et al. Development and validation of a LC–MS/MS method for the analysis of bisphenol a in polyethylene terephthalate. Food Chemistry 274 (2019) 246–253.

af PET, lige som PET normalt heller ikke frigiver BPA ved ældning, som det f.eks. er kendt fra polycarbonat. Kilderne til forurening af den genanvendte PET kan være mange: anvendelse af BPA-forurenede maskiner og råvarer til fremstilling af den virgine PET, flaskekapsler, trykfarver, det øvrige affald som indsamlet PET kan have været i kontakt med (f.eks. fejlanbragte ting af gammelt polycarbonat), samt fødevarer med BPA-forurening.

Andre forureningsstoffer kunne tænkes at være phthalater, perfluorerede stoffer som f.eks. PFOS og PFOA og mineralolierelaterede stoffer (typisk fra trykfarver og genanvendt papir), som f.eks. MOSH og MOAH.

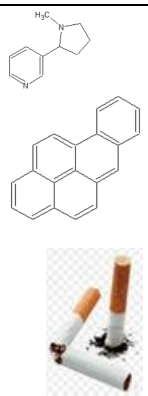
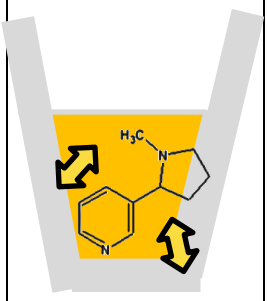
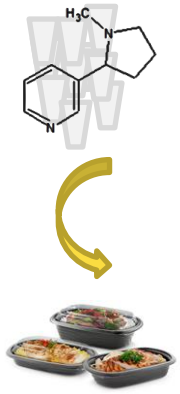
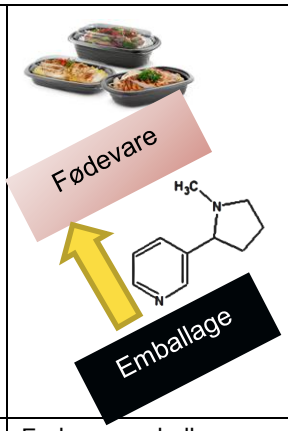
6 Vurdering af polypropylenbægre fra festival

Den mest sandsynlige og omfattende forurening af ølbægre fra en festival består typisk af cigaretskod i ølslatter. Cigaretskod indeholder rester af kemiske stoffer – herunder nikotin og forskellige PAH-forbindelser. Kontakten mellem ølslatterne og cigaretskoddene vil give en opløsning af nikotin og andre stoffer, der efterfølgende kan trænge ind i plastbægeret. Herfra kan nikotinen og andre stoffer igen afgives.

I dette eksempel er valgt polypropylen som polymer, men det kunne lige så godt være en anden polymer. Hovedsagen er, at vi har en homogen fraktion, hvis oprindelse og historik er relativt kendt.

I dette afsnit vurderes risikoen for, at kemiske stoffer i cigaretskoddene overføres til polypropylenbægrene, som ved genanvendelse omdannes til et andet fødevarekontaktmateriale, hvorved de kemiske stoffer kan overføres til anden fødevare.

Nedenstående figur illustrerer de processer, der kan resultere i, at kemiske stoffer fra cigaretskoddene overføres til anden fødevarer. Videre beskriver figuren de antagelser, der er gjort for at beregne overførslen af de kemiske stoffer fra cigaretskoddene til anden fødevare.

				
Der efterlades cigaretskod i ølbægre, som indeholder ølsjatter	Skoddene indeholder rester af stoffer fra cigaretten samt stoffer, der er dannet under rygningen	Stofferne opløses i øllet, og herfra optager bægeret en del af disse stoffer	Bægrene indsamles, renses og omformes til anden fødevareembal-lage	Fødevareemballagen kommer i kontakt med anden fødevare, hvorved der sker en migration af stofferne til den anden fødevare
		Det antages, at alle stofferne frigives 100% til øllet fra cigaretterne Det antages, at der efterfølgende indstiller sig en ligevægt mellem stoffet i bægeret og stoffet i øllet	Det antages, at ingen af de stoffer, som er optaget fra øllet, fjernes i denne proces	

Optaget af stofferne i ølbægrene og koncentrationerne i ølbægrene er beregnet. Beregningerne er foretaget ved variation på parametrene for ølbægrene: antal cigaretskod og ølmængden i glasset.

For at vurdere betydningen af fødevaren, er der foretaget beregninger af, hvad der kan frigives til fødesimulanterne A, som anvendes ved vandholdige fødevarer (10% ethanol), B, som anvendes ved sure fødevarer f.eks. juice (3% eddikesyre) og D2, som anvendes ved fede fødevarer (100% vegetabilsk olie).

6.1 Karakterisering af ølbægrene

Ølbægrene består typisk af polypropylen (PP). Dimensionerne kan variere, men de er typisk keglestubformede. Vægten af et ølbæger til ½ liter øl er typisk omkring 7 gram og en typisk tykkelse af ølbægrene kan herefter beregnes til ca. 0,2 mm. [11]

[11] Der er foretaget målinger for et ½ L ølglas: Højde: 14,1 cm, topdiameter: 9 cm, bunddiameter 6 cm. Dette giver et samlet overfladeareal på 0.036 m2. Vægten af glasset er ca. 7 g. Ved en densitet på 0,86 kg/L, kan en gennemsnitlig tykkelse på 0,22 mm beregnes.

Polypropylen har en densitet på omkring 0,86 kg/L. Polypropylen er i sig selv ret vand-skyende. I en måling blev det fundet, at PP absorberede 0,064% (af sin vægt) ved 23ºC efter 50 dage nedsænkning i vand og 0,571%(af sin vægt) ved 100ºC efter 7 dage nedsænkning i vand[12].

6.2 Karakterisering af øl

Øl er sammensat af mange bestanddele, men her tages der kun hensyn til vand og ethanol. Det er antaget, at alkoholprocenten er på ca. 5%, og at vandindholdet udgør de resterende 95%.

pH af øl varierer – se Tabel 1. Det antages her, at pH er 4,6

Tabel 1 pH af øl[13]

Øltype	Typisk pH interval
Pilsner	4,5 – 4,8
Bock	4,5 – 4,8
Kolsch	4,2 – 4,4
Hefeweizen	4,1 – 4,4
English Ales	4,0 – 4,2
Lambic	3,4 – 3,9
Framboise	3,3 – 4,5
Weisse Beer	3,2 – 3,4

[12] M.S. Mat-Shayuti, M.Z. Abdullah and P.S.M. Megat-Yusoff (2013): Water Absorption Properties and Morphology of Polypropylene/ Polycarbonate/Polypropylene-graft-Maleic Anhydride Blends. Asian Journal of Scientific Research Volume 6 (2): 167-176, 2013

.

[13] https://www.gastrograph.com/blogs/gastronexus/quality-control-in-beer-production-part-2.html

6.3 Karakterisering af forureningerne

Der kan være rigtigt mange forskellige stoffer tilbage i cigaretskoddene – se fx bilag A. Nogle af stofferne er først dannet under rygningen, men man må formode, at der vil være rester tilbage af de ikke-flygtige bestanddele i skoddet.

Der er brugt den meget konservative tilgang til vurderingerne, at alle stoffer i skoddet frigives til ølsjatterne, og derfor er tilgængelige for optag i polymeren. Koncentrationen i polymeren er beregnet ved at antage ligevægt mellem stoffet i ølsjatten og stoffet i bægeret.

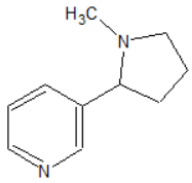
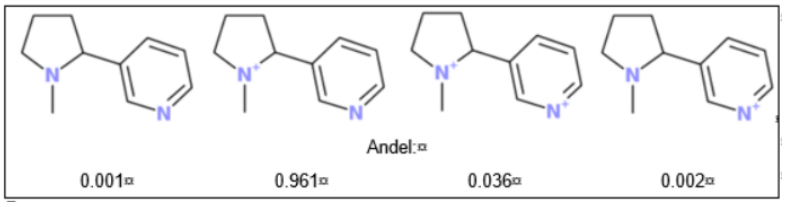
Stofkoncentrationen - især af de ikke flygtige og hydrofobe stoffer - i cigaretresten vil øges ved rygning. Derfor antages det, at indholdet af de stoffer, som stammer fra cigaretten, er det samme i skoddet som i hele cigaretten. Indholdet af de stoffer, som dannes under rygningen, er baseret på målte værdier.

Til en første screening er følgende stoffer udvalgt:

- Nikotin (54-11-5)
- Benz[a]pyren (50-32-8) (som repræsentant for PAH-erne)
- 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone (64091-91-4) (som en repræsentant for nitroso-aminerne, angives at være en af de mest kræftfremkaldende nitrosoaminer)
- Cadmium (som en repræsentant for tungmetaller)

6.3.1 Nikotin (54-11-5)

Tabel 2 Data for Nikotin

Struktur	
Molvægt	162 g/mol
Vandopløselighed	Blandbar med vand
logPow	-2,67 (pH:2,01); 0,28 (pH: 7,4); 1,17 (pH: 12,17)[14]
Damptryk	5,81-8,83 Pa (20ºC)
Indhold i cigaretskod	Der kan være alt imellem 8 milligram til 20 milligram nikotin i en enkelt cigaret. Gennemsnitligt er det 12 milligram. Der regnes med, at der er 12 mg nikotin i et cigaretskod.
Forventet form i ølsjatterne[15],	Den primære form af nikotin ved pH=4,6 er struktur 2, dvs. stoffet vil primært forekomme på en ladet form. 
Ølsjat-polymer fordelingskoefficient[16]	0,04 (beregnet for den uladede form)
Simulant A-polymer fordelingskoefficient	0,02 (beregnet for den uladede form)
Simulant B-polymer fordelingskoefficient	0,07 (beregnet for den uladede form)
Simulant D2-polymer fordelingskoefficient	0,08 (beregnet for den uladede form)

Da polypropylen er uladet, og da nikotin primært er på ladet form ved pH=4,6, forekommer det ikke videre sandsynligt, at nikotin vil blive adsorberet i polymeren i væsentligt omfang. Den smule vand, der kan optages i polymeren vil kunne fremme optagelse af nikotin, men samlet set vurderes det, at nikotin ikke vil blive optaget i plastbægrene i særligt omfang. Der regnes dog videre på optaget i plastbægeret, hvor

[14] Fra REACH registreringsdatabase ved ECHA

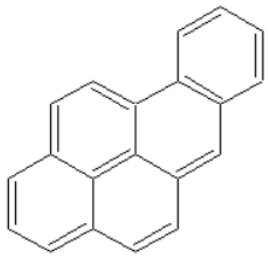
[15] Beregnet ved SPARC – et on-line program (http://archemcalc.com)

[16] Beregnet ved UNIFAC - se DHI rapporten: DHI (2017): Kemiske stoffers emission fra materialer. Rapport til Ministeriet For Videnskab.

den beregnede fordelingskoefficient for den uladede form af nikotin anvendes. Resultatet af disse beregninger må således antages at være meget konservative.

6.3.2 Benz[a]pyren (B[a]P) (50-32-8)

Tabel 3 Data for benz[a]pyren

Struktur	
Molvægt	252 g/mol
Vandopløselighed	0,0016 mg/L
logPow	6,13[17]
Vapor pressure	$7{,}3 \cdot 10^{-7}$ Pa (25ºC)
Indhold i cigaretskod	Koncentrationen af benz[a]pyren i cigaretskod er målt til 24-59 ng per skod[18]. Det største indhold blev fundet i tobaksdelen af skoddet og ikke i filtret. Der er regnet med 50 ng benz[a]pyren i skoddet.
Forventet form i ølsjatterne	Formen på molekylet er ikke afhængig af pH og sammensætning af mediet
Ølsjat-polymer fordelingskoefficient	4×10^6
Simulant A-polymer fordelingskoefficient	$1{,}5 \times 10^6$
Simulant B-polymer fordelingskoefficient	$7{,}4 \times 10^6$
Simulant D2-polymer fordelingskoefficient	0,5

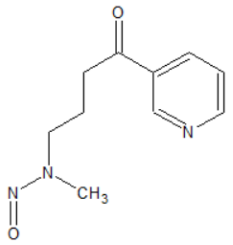
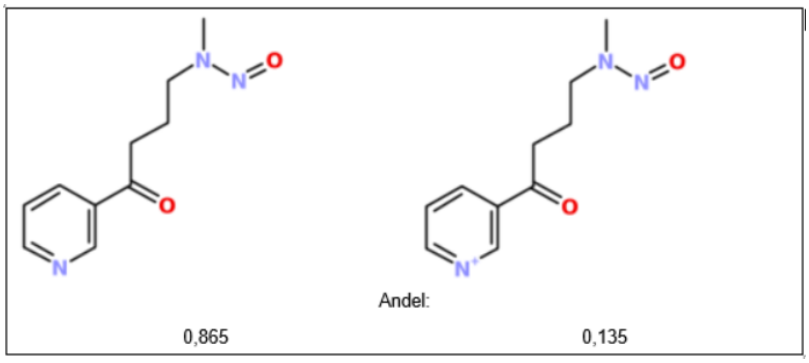
Det fremgår af ovennævnte tabel, at ølsjat-polymer fordelingskoefficienten er meget høj, hvorfor al B[a]P forventes at blive optaget meget hurtigt i plastmaterialet.

[17] EpiSuite database

[18] Haruki Shimazu (2016): Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Cigarettes and Cigarette Smoke. Environment and Pollution; Vol. 5, No. 2; 2016

6.3.3 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone (NNK) (64091-91-4)

Tabel 4 Data for 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone

Struktur	
Molvægt	207 g/mol
Vandopløselighed	40.000 mg/L[19]
logPow	-0
Damptryk	0,01 Pa (25ºC)
Indhold i cigaretskod	Stor variation, men det er konservativt at sætte en værdi på 500 ng per cigaret og per skod[20]
Forventet form i ølsjatterne,	Den primære form af NNK ved pH=4,6 er struktur 1, dvs. stoffet vil primært forekomme på den uladede form. 
Ølsjat-polymer fordelingskoefficient	1[21]
Simulant A-polymer fordelingskoefficient	Kan ikke beregnes. Er sandsynligvis lidt lavere end Ølsjat-polymer fordelingskoefficienten. Sættes dog til den samme værdi: 1
Simulant B-polymer fordelingskoefficient	Kan ikke beregnes – er sandsynligvis lidt højere end ølsjat-polymer fordelingskoefficient
Simulant D2-polymer fordelingskoefficient	Kan ikke beregnes.

[19] Beregnet ved EpiSuite

[20] N Gray, P Boyle (2004): The case of the disappearing nitrosamines: a potentially global phenomenon. http://dx.doi.org/10.1136/tc.2003.005579

[21] Kunne ikke beregnes ved UNIFAC som de andre stoffer. Den er derfor sat lig med Pow, hvilket er rimeligt for PP.

6.3.4 Cadmium (7440-43-9)

Tabel 5 Data for Cadmium

Struktur	[Cd] and [CdO] (cadmium oxide is formed during smoking
Molvægt	112 g/mol
Vandopløselighed	~2,3 mg/L[22]
logPow	LogPow kan ikke anvendes for uorganiske stoffer. Men en logPow på 3,86 er beregnet på basis af målte Koc-værdier i sediment[23]
Indhold i cigaretskod	0.99±0.49 µg/g cigaret[24] svarende til ca. 1,0 µg per cigaret (vægten af en cigaret varierer mellem ca. 0,8-0,9 g). Der er anvendt et cadmiumindhold i cigaretskod på 1,0 µg i beregningerne.
Forventet form i ølsjatterne	
Ølsjat-polymer fordelingskoefficient	7200
Simulant A-polymer fordelingskoefficient	Kan ikke beregnes. Er sandsynligvis lidt lavere end Ølsjat-polymer fordelingskoefficienten. Sættes dog til den samme værdi.
Simulant B-polymer fordelingskoefficient	Kan ikke beregnes. Sættes til den samme værdi som Ølsjat-polymer fordelingskoefficienten.
Simulant D2-polymer fordelingskoefficient	Kan ikke beregnes. Det antages derfor (konservativt), at al cadmium frigives til mediet igen.

6.4 Beregningsresultater

6.4.1 Optag i plastikbægrene

Der er som beskrevet ovenfor udført beregninger under forskellige forudsætninger. Resultaterne af beregningerne fremgår af nedenstående tabel, hvor de er angivet som gennemsnitskoncentrationen i plastikbægret.

[22] https://echa.europa.eu/documents/10162/a048359b-de39-4b7e-8602-51272a55aeae

[23] Sakultantimetha Arthit, Sornnarin Bangkedphol, Nittaya Lauhachinda, Unnop Homchan & Apisit Songsasen (2009): Environmental Fate and Transportation of Cadmium, Lead and Manganese in a River Environment using the EPISUITE Program. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 43 : 620 - 627 (2009)

[24] Moerman J. W. & E Potts (2011): Analysis of metals leached from smoked cigarette litter. Tobacco Control 2011;20(Suppl 1):i30-i35. doi:10.1136/tc.2010.040196

Tabel 6 Beregnede koncentrationer I PP-glas og beregningsgrundlag

	Areal-volumen karakteristika for plastikbæger					Areal-volumen karakteristika for øllag		Andre karakteristika af bægeret			Beregnede koncentration i PP-glas (mg/kg polypropylen)			
Antal skod i et ølglas	Bunddiameter (m)	Topdiameter (m)	Højde (m)	Øllag (m)	Topdiameter (øllag)	Volumen af øl (L)	Kontaktareal (m2)	Tykkelse af polymer (m)	Vægt af polymer i kontakt med øl kg)	Vægt af bæger (kg)	Nikotin	Benz[a]pyren	NNK	Cadmium
1	0,06	0,09	0,141	0,001	0,06	0,003	0,0030	0,00022	0,001	0,007	14,0	0,007	0,012	0,146
1	0,06	0,09	0,141	0,005	0,06	0,01	0,0038	0,00022	0,001	0,007	3,5	0,007	0,003	0,145
1	0,06	0,09	0,141	0,01	0,06	0,03	0,0048	0,00022	0,001	0,007	2,1	0,01	0,002	0,145
1	0,06	0,09	0,141	0,02	0,06	0,06	0,0068	0,00022	0,001	0,007	1,5	0,01	0,002	0,145
1	0,06	0,09	0,141	0,05	0,07	0,17	0,0131	0,00022	0,002	0,007	1,0	0,01	0,001	0,145
1	0,06	0,09	0,141	0,1	0,08	0,39	0,0251	0,00022	0,005	0,007	0,8	0,01	0,001	0,144
2	0,06	0,09	0,141	0,001	0,06	0,003	0,0030	0,00022	0,001	0,007	27,9	0,01	0,024	0,292
2	0,06	0,09	0,141	0,005	0,06	0,01	0,0038	0,00022	0,001	0,007	7,0	0,01	0,007	0,291
2	0,06	0,09	0,141	0,01	0,06	0,03	0,0048	0,00022	0,001	0,007	4,3	0,01	0,004	0,290
2	0,06	0,09	0,141	0,02	0,06	0,06	0,0068	0,00022	0,001	0,007	2,9	0,01	0,003	0,290
2	0,06	0,09	0,141	0,05	0,07	0,17	0,0131	0,00022	0,002	0,007	2,1	0,01	0,002	0,289
2	0,06	0,09	0,141	0,1	0,08	0,39	0,0251	0,00022	0,005	0,007	1,7	0,01	0,002	0,288

	Areal-volumen karakteristika for plastikbæger					Areal-volumen karakteristika for øllag		Andre karakteristika af bægeret			Beregnede koncentration i PP-glas (mg/kg polypropylen)			
Antal skod i et ølglas	Bunddiameter (m)	Topdiameter (m)	Højde (m)	Øllag (m)	Topdiameter (øllag)	Volumen af øl (L)	Kontaktareal (m2)	Tykkelse af polymer (m)	Vægt af polymer i kontakt med øl kg)	Vægt af bæger (kg)	Nikotin	Benz[a]pyren	NNK	Cadmium
3	0,06	0,09	0,141	0,001	0,06	0,003	0,0030	0,00022	0,001	0,007	41,9	0,02	0,037	0,437
3	0,06	0,09	0,141	0,005	0,06	0,01	0,0038	0,00022	0,001	0,007	10,4	0,02	0,010	0,436
3	0,06	0,09	0,141	0,01	0,06	0,03	0,0048	0,00022	0,001	0,007	6,4	0,02	0,007	0,436
3	0,06	0,09	0,141	0,02	0,06	0,06	0,0068	0,00022	0,001	0,007	4,4	0,02	0,005	0,435
3	0,06	0,09	0,141	0,05	0,07	0,17	0,0131	0,00022	0,002	0,007	3,1	0,02	0,003	0,434
3	0,06	0,09	0,141	0,1	0,08	0,39	0,0251	0,00022	0,005	0,007	2,5	0,02	0,003	0,433
4	0,06	0,09	0,141	0,001	0,06	0,003	0,0030	0,00022	0,001	0,007	55,9	0,03	0,049	0,583
4	0,06	0,09	0,141	0,005	0,06	0,01	0,0038	0,00022	0,001	0,007	13,9	0,03	0,014	0,582
4	0,06	0,09	0,141	0,01	0,06	0,03	0,0048	0,00022	0,001	0,007	8,6	0,03	0,009	0,581
4	0,06	0,09	0,141	0,02	0,06	0,06	0,0068	0,00022	0,001	0,007	5,9	0,03	0,006	0,580
4	0,06	0,09	0,141	0,05	0,07	0,17	0,0131	0,00022	0,002	0,007	4,1	0,03	0,004	0,578
4	0,06	0,09	0,141	0,1	0,08	0,39	0,0251	0,00022	0,005	0,007	3,4	0,03	0,003	0,577

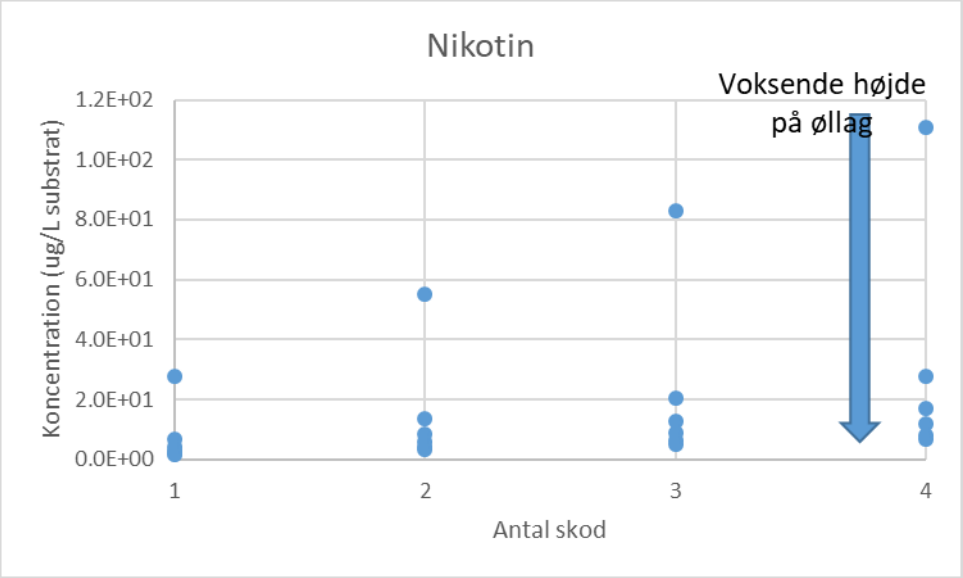
6.4.2 Frigivelse fra plastikbægrene

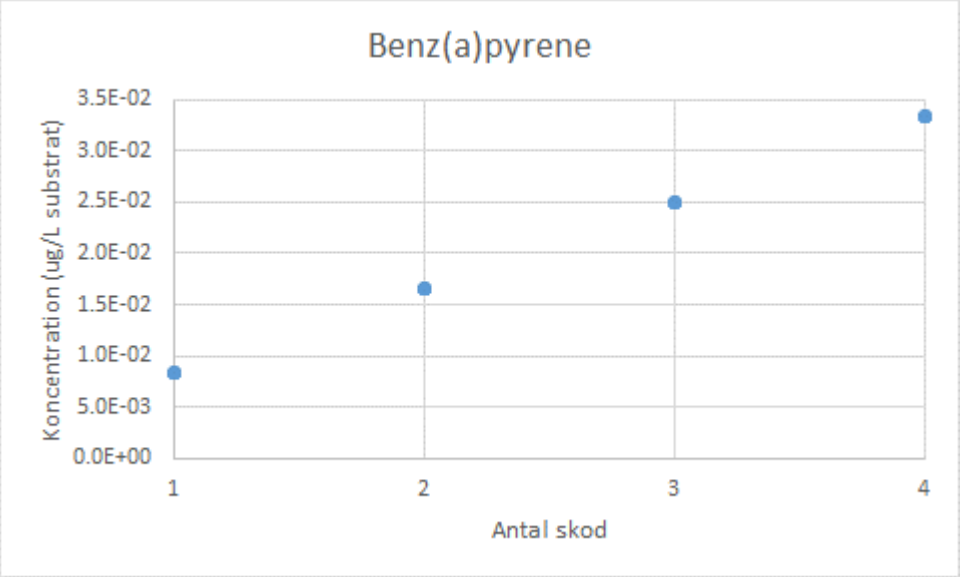
Migrationen fra PP til de tre fødevaresimulanter (A (10% ethanol, vandige fødevarer), B (3% eddikesyre, sure fødevarer f.eks. juice) og D2 (100% vegetabilsk olie, fede fødevarer) blev beregnet ved brug af Migratest Exp 2018 – ved anvendelse af standard-parametrene for PP, samt en densitet for PP på 0,91 g/cm^3. Diffusionskoefficienten i substratet blev sat til en høj værdi svarende til, at der antages fuldstændig opblanding i substratet.

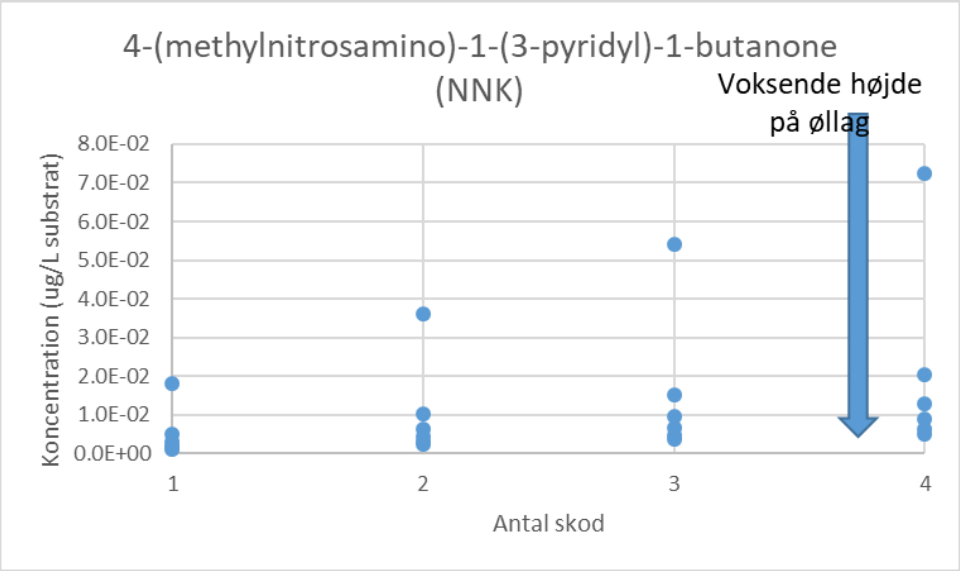
Det skal fremhæves, at resultaterne er stærkt afhængige af det scenarie, beregningerne udføres i. Frigivelsen vokser med tiden samt med stigende forhold mellem lagtykkelse af fødevaresimulant og lagtykkelse af polymer. Beregningerne blev udført i følgende scenarie: polymer lagtykkelse: 0.2 cm; lagtykkelse på simuleret fødevare: 10 cm og for en frigivelse til fødevaresimulanten i løbet af 10 dage.

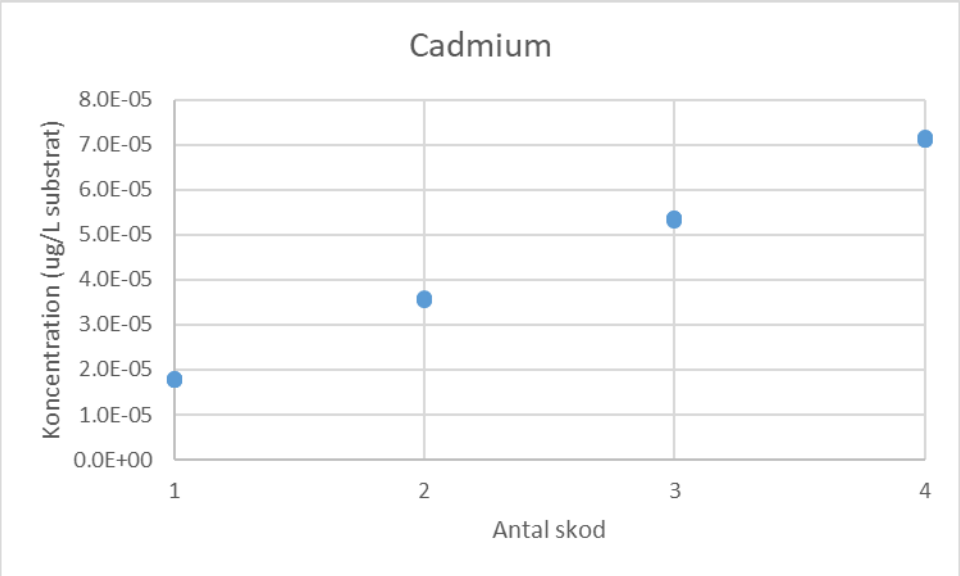
Det blev fundet – at bortset fra BaP - så var den beregnede migration til de enkelte fødevaresimulanter meget sammenlignelige. Det er ikke så overraskende i betragtning af de meget sammenlignelige fordelingskoefficient for de enkelte fødevaresimulanter.

Beregningsresultaterne er givet i tabel-form i appendix B. Beregningsresultaterne er videre vist i nedenstående figurer, hvor migrationen til D2 (vegetabilsk olie) er vist. Med undtagelse af B[a]P ligger punkterne for fødevaresimulanterne A og B fuldstændigt oveni i punkterne for fødevaresimulant D2. For B[a]P er migrationen negligibel for fødevaresimulanterne A og B.




Benz(a)pyrene
Koncentration (ug/L substrat)
3.5E-02
3.0E-02
2.5E-02
2.0E-02
1.5E-02
1.0E-02
5.0E-03
0.0E+00
1
2
3
4
Antal skod


4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone (NNK)
Voksende højde på øllag
Koncentration (ug/L substrat)
8.0E-02
7.0E-02
6.0E-02
5.0E-02
4.0E-02
3.0E-02
2.0E-02
1.0E-02
0.0E+00
1
2
3
4
Antal skod


Cadmium
Koncentration (ug/L substrat)
8.0E-05
7.0E-05
6.0E-05
5.0E-05
4.0E-05
3.0E-05
2.0E-05
1.0E-05
0.0E+00
1
2
3
4
Antal skod

6.4.3 Realistisk scenarie

Ikke alle brugte ølglas vil indeholde cigaretskod. Der regnes her med 1 skod i hvert tredje glas. Der regnes videre med, at tykkelsen af øllaget er 5 mm. Nedenstående tabel viser de beregnede koncentrationer af de fire kemiske stoffer i fødevaren for dette scenarie.

Tabel 7 Beregnede koncentrationer i fødevaresimulanten (µg/L)

Fødevaresimulant	Nikotin	Benz(a)pyren	NNK	Cadmium
A	9,2	$1{,}5 \cdot 10^{-6}$	0,006	$6 \cdot 10^{-6}$
B	9,2	$3{,}0 \cdot 10^{-7}$	0,006	$6 \cdot 10^{-6}$
D2	9,2	$2{,}8 \cdot 10^{-3}$	0,006	$6 \cdot 10^{-6}$

6.4.4 Eksponering

Der regnes med følgende worst case eksponering for en voksen person på 60 kg med et forbrug på 0,5 l øl eller sodavand per dag (koncentration taget fra tabel 7):

Nikotin: 4,6 µg/dag

Benz(a)pyren: $0{,}75 \cdot 10^{-6}$ µg/dag

NNK: 0,003 µg/dag

Cadmium: $3 \cdot 10^{-6}$ µg/dag

6.4.5 Tolerabelt Dagligt Indtag (TDI) og tolerabel afgivelse/indhold

For kræftfremkaldende stoffer, hvor der ikke kan findes en tærskelværdi, hvorunder der ikke påregnes at være risiko for udvikling af kræft, er risikoniveauet 10^{-6} (dvs. den dosis, der kan påregnes at give 1 ekstra kræfttilfælde ud af 1 million udsatte for den pågældende dosis) valgt i overensstemmelse med almindelig praksis hos EFSA (den europæiske fødevaresikkerhedsautoritet).

6.4.5.1 Nikotin

Nikotin: 0,0008[25] mg/kg bw. per dag, svarende til 0,048 mg/person/dag

Allokering af TDI med 50% til emballage, giver en tolerabel forurening mht:

Nikotin: 0,048 mg/l

[25] EFSA STATEMENT Potential risks for public health due to the presence of nicotine in wild mushrooms (Question No EFSA-Q-2009-00527) Issued on 07 May 2009.

6.4.5.2 Benz[a]pyren

Benz(a)pyren: $BMDL_{10}$ på 0,07 mg/kg bw/dag er valgt af EFSA[26] som referenceværdi. Ekstrapoleres til et tolerabelt risikoniveau på 10^{-6} (dvs. den dosis, der kan påregnes at give 1 ekstra kræfttilfælde ud af 1 million udsatte for den pågældende dosis), nås en TDI på 70 µg/100.000 = 0,0007 µg/kg bw/dag, svarende til 0,042 µg/person/dag.

Allokering med 10 % til emballage (fordi folk er udsat via mange andre kilder) fås

(0,042 µg/person/dag * 10 %) / 0,5 liter = 0,0084 µg benzo[a]pyren/L.

6.4.6 NNK

NNK: Dette stof er på *the list of substances from the Carcinogenic Potency Database which are of particular concern even if ingested at doses at or below 0.0025 µg/kg body weight per day*[27], som også benzo[a]pyren er det. Der er ikke fundet angivelser, der tillader beregning af toksisk dosis ved et tolerabelt risikoniveau på 10^{-6}. Dvs. for en person på ca. 60 kg er det tolerable daglige indtag < 0,15 µg/dag.

6.4.6.1 Cadmium

Cadmium er et af de stoffer for hvilket, der allerede eksisterer en generel grænseværdi i plast og emballage. Der må ikke være mere end 0,01% (100 ppm) cadmium (målt som elementært Cd) i polypropylen (og flere andre polymere) iflg. REACH[28] og bekendtgørelse[29] om visse krav til emballager.

Det betyder derfor for kontrolmæssige formål mindre, hvad der afgives af cadmium fra materialet. Det afgørende, er hvad emballagen eller polymeren indeholder.

Så lidt som et skod i et polypropylenølglas er beregnet til at kunne resultere i et indhold på 0,15 mg/kg, dvs. 0,15 ppm, mens 4 skod kan give op til 0,58 ppm, som angivet i tabel 6.

Den tolerable ugentlige indtagelse af cadmium ligger på 2,5 µg/kg/uge[30], svarende til 21 µg/person/dag.

6.5 Risikovurdering

Ved at sammenligne de i 6.4.5 fundne grænser for tolerabelt indhold eller afgivelse med den i 6.4.4 beregnede eksponering, kan vi vurdere om genanvendelse af ølglas af polypropylen kan frembyde problemer med anvendelse af den regenererede polypropylen.

---

[26] Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. The EFSA Journal (2008) 724, 1-114.

[27] EFSA CEF Panel (EFSA Panel on Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings and Processing Aids), 2016. Identification of the substances from the Carcinogenic Potency Database (CPDB) which are of particular concern even if ingested at doses below 0.0025 µg/kg body weight per day. EFSA Journal 2016;14(3):4407, 11 pp. doi:10.2903/j.efsa.2015.4407

[28] Entry 23 of Annex XVII of REACH after the adoption of Regulation (EU) No 835/2012

[29] BEK nr 1455 af 07/12/2015 om visse krav til emballager

[30] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on tolerable weekly intake for cadmium. EFSA Journal 2011;9(2):1975. [19 pp.] doi:10.2903/j.efsa.2011.1975.

Tabel 8. Sammenligning af det tolerable daglige indtag med den eksponering, der kan forventes fra en halv liter øl eller sodavand drukket af et regenereret polypropylenbæger fra festival.

Stof	Tolerabel Dagligt Indtag per person (60 kg kropsvægt)	Eksponering, per person fra halv liter øl eller vand
Nikotin	48 µg/dag	4,6 µg/dag
Benz[a]pyren	0,042 µg/dag	$0,75 \cdot 10^{-6}$ µg/dag
NNK	<0,15 µg/dag	0,003 µg/dag
Cadmium	21 µg/dag	$3 \cdot 10^{-6}$ µg/dag

Det ses af ovenstående tabel, at der kan forventes en eksponering med de fire udvalgte stoffer på noget mindre end det tolerable. For nikotin er der således en margen på ca. 10 gange, for benz[a]pyren ca. 100.000 gange, og for cadmium ca. 1 million gange. For NNK, som er en kræftfremkaldende nitrosamin, kan vi ikke angive forskellen, men der er højst en margen på 50 gange.

Det ser således ikke umiddelbart ud til at være et problem, selv om brugerne kan finde på at skodde cigaretter i bægrene. En margen på 50 gange kan dog være i underkanten, som i tilfældet med NNK hvor det tolerable daglige indtag er ukendt og kan være uhyre lille.

Dertil kommer, at der selvfølgelig også kan være andre stoffer end de fire udvalgte.

Endelig skal man huske, at heller ikke regenereret plast til fødevarebrug må afgive farve, lugt og smag. Dette kan testes ved en organoleptisk test.

APPENDICES

APPENDIX A – Kemiske stoffer i cigaretter

A Erkendte stoffer i cigaretter

FDA har oprettet en liste over skadelige og potentielt skadelige bestanddele i tobaksvarer og tobaksrøg. Den etablerede liste er inkluderet i tabellen nedenfor.

Constituent	Carcinogen (CA), Respiratory Toxicant (RT), Cardiovascular Toxicant (CT), Reproductive or Developmental Toxicant (RDT), Addictive (AD)
Acetaldehyde	CA, RT, AD
Acetamide	CA
Acetone	RT
Acrolein	RT, CT
Acrylamide	CA
Acrylonitrile	CA, RT
Aflatoxin B1	CA
4-Aminobiphenyl	CA
1-Aminonaphthalene	CA
2-Aminonaphthalene	CA
Ammonia	RT
Anabasine	AD
o-Anisidine	CA
Arsenic	CA, CT, RDT
A-α-C (2-Amino-9H-pyrido[2,3-b]indole)	CA
Benz[a]anthracene	CA, CT
Benz[j]aceanthrylene	CA
Benzene	CA, CT, RDT
Benzo[b]fluoranthene	CA, CT
Benzo[k]fluoranthene	CA, CT
Benzo[b]furan	CA
Benzo[a]pyrene	CA
Benzo[c]phenanthrene	CA

Constituent	Carcinogen (CA), Respiratory Toxicant (RT), Cardiovascular Toxicant (CT), Reproductive or Developmental Toxicant (RDT), Addictive (AD)
Beryllium	CA
1,3-Butadiene	CA, RT, RDT
Cadmium	CA, RT, RDT
Caffeic acid	CA
Carbon monoxide	RDT
Catechol	CA
Chlorinated dioxins/furans	CA, RDT
Chromium	CA, RT, RDT
Chrysene	CA, CT
Cobalt	CA, CT
Coumarin	-
Cresols (o-, m-, and p-cresol)	CA, RT
Crotonaldehyde	CA
Cyclopenta[c,d]pyrene	CA
Dibenz[a,h]anthracene	CA
Dibenzo[a,e]pyrene	CA
Dibenzo[a,h]pyrene	CA
Dibenzo[a,i]pyrene	CA
Dibenzo[a,l]pyrene	CA
2,6-Dimethylaniline	CA
Ethyl carbamate (urethane)	CA, RDT
Ethylbenzene	CA
Ethylene oxide	CA, RT, RDT
Formaldehyde	CA, RT
Furan	CA
Glu-P-1 (2-Amino-6-methyldipyrido[1,2-a:3',2'-d]imidazole)	CA
Glu-P-2 (2-Aminodipyrido[1,2-a:3',2'-d]imidazole)	CA

Constituent	Carcinogen (CA), Respiratory Toxicant (RT), Cardiovascular Toxicant (CT), Reproductive or Developmental Toxicant (RDT), Addictive (AD)
Hydrazine	CA, RT
Hydrogen cyanide	RT, CT
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	CA
IQ (2-Amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline)	CA
Isoprene	CA
Lead	CA, CT, RDT
MeA-α-C (2-Amino-3-methyl)-9H-pyrido[2,3-b]indole)	CA
Mercury	CA, RDT
Methyl ethyl ketone	RT
5-Methylchrysene	CA
4-(Methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone (NNK)	CA
Naphthalene	CA, RT
Nickel	CA, RT
Nicotine	RDT, AD
Nitrobenzene	CA, RT, RDT
Nitromethane	CA
2-Nitropropane	CA
N-Nitrosodiethanolamine (NDELA)	CA
N-Nitrosodiethylamine	CA
N-Nitrosodimethylamine (NDMA)	CA
N-Nitrosomethylethylamine	CA
N-Nitrosomorpholine (NMOR)	CA
N-Nitrosonornicotine (NNN)	CA
N-Nitrosopiperidine (NPIP)	CA
N-Nitrosopyrrolidine (NPYR)	CA
N-Nitrososarcosine (NSAR)	CA

Constituent	Carcinogen (CA), Respiratory Toxicant (RT), Cardiovascular Toxicant (CT), Reproductive or Developmental Toxicant (RDT), Addictive (AD)
Nornicotine	AD
Phenol	RT, CT
PhIP (2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine)	CA
Polonium-210	CA
Propionaldehyde	RT, CT
Propylene oxide	CA, RT
Quinoline	CA
Selenium	RT
Styrene	CA
o-Toluidine	CA
Toluene	RT, RDT
Trp-P-1 (3-Amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido[4,3-b]indole)	CA
Trp-P-2 (1-Methyl-3-amino-5H-pyrido[4,3-b]indole)	CA
Uranium-235	CA, RT
Uranium-238	CA, RT
Vinyl acetate	CA, RT
Vinyl chloride	CA

APPENDIX B–

Migrationsberegninger fra genbrugsplast til fødevaresimulanter

B Beregnede migrationer til A (10 % ethanol), B (3 % eddikesyre) og D2 (vegetabilsk olie)

Scenarie-parametre							Beregnede koncentrationer i fødevaresimulanten (µg/L)			
Antal skod i glasset	Bunddiameter (m)	Topdiameter (m)	Højde (m)	Øllag (m)	Topdiameter (øllag)	Volumen af øl (L)	Nikotin	Benz(a)pyren	(NNK)	Cadmium
1	0.06	0.09	0.141	0.001	0.06	0.00	2.8E+01(A) 2.8E+01(B) 2.8E+01(D2)	4.4E-06(A) 9.0E-07(B) 8.3E-03(D2)	1.8E-02(A) 1.8E-02(B) 1.8E-02(D2)	1.8E-05(A) 1.8E-05(B) 1.8E-05(D2)
1	0.06	0.09	0.141	0.005	0.06	0.01	6.9E+00(A) 6.9E+00(B) 6.9E+00(D2)	4.4E-06(A) 9.0E-07(B) 8.3E-03(D2)	5.1E-03(A) 5.1E-03(B) 5.1E-03(D2)	1.8E-05(A) 1.8E-05(B) 1.8E-05(D2)
1	0.06	0.09	0.141	0.01	0.06	0.03	4.3E+00(A) 4.3E+00(B) 4.3E+00(D2)	4.4E-06(A) 9.0E-07(B) 8.3E-03(D2)	3.2E-03(A) 3.2E-03(B) 3.2E-03(D2)	1.8E-05(A) 1.8E-05(B) 1.8E-05(D2)
1	0.06	0.09	0.141	0.02	0.06	0.06	2.9E+00(A) 2.9E+00(B) 2.9E+00(D2)	4.4E-06(A) 9.0E-07(B) 8.3E-03(D2)	2.2E-03(A) 2.2E-03(B) 2.2E-03(D2)	1.8E-05(A) 1.8E-05(B) 1.8E-05(D2)
1	0.06	0.09	0.141	0.05	0.07	0.17	2.1E+00(A) 2.1E+00(B) 2.1E+00(D2)	4.4E-06(A) 9.0E-07(B) 8.3E-03(D2)	1.6E-03(A) 1.6E-03(B) 1.6E-03(D2)	1.8E-05(A) 1.8E-05(B) 1.8E-05(D2)
1	0.06	0.09	0.141	0.1	0.08	0.39	1.7E+00(A) 1.7E+00(B) 1.7E+00(D2)	4.4E-06(A) 9.0E-07(B) 8.3E-03(D2)	1.3E-03(A) 1.3E-03(B) 1.3E-03(D2)	1.8E-05(A) 1.8E-05(B) 1.8E-05(D2)
2	0.06	0.09	0.141	0.001	0.06	0.00	5.5E+01(A) 5.5E+01(B) 5.5E+01(D2)	8.8E-06(A) 1.8E-06(B) 1.7E-02(D2)	3.6E-02(A) 3.6E-02(B) 3.6E-02(D2)	3.6E-05(A) 3.6E-05(B) 3.6E-05(D2)

Scenarie-parametre							Beregnede koncentrationer i fødevaresimulanten (µg/L)			
Antal skod i glasset	Bunddiameter (m)	Topdiameter (m)	Højde (m)	Øllag (m)	Topdiameter (øllag)	Volumen af øl (L)	Nikotin	Benz(a)pyren	(NNK)	Cadmium
2	0.06	0.09	0.141	0.005	0.06	0.01	1.4E+01(A) 1.4E+01(B) 1.4E+01(D2)	8.8E-06(A) 1.8E-06(B) 1.7E-02(D2)	1.0E-02(A) 1.0E-02(B) 1.0E-02(D2)	3.6E-05(A) 3.6E-05(B) 3.6E-05(D2)
2	0.06	0.09	0.141	0.01	0.06	0.03	8.5E+00(A) 8.5E+00(B) 8.5E+00(D2)	8.8E-06(A) 1.8E-06(B) 1.7E-02(D2)	6.4E-03(A) 6.4E-03(B) 6.4E-03(D2)	3.6E-05(A) 3.6E-05(B) 3.6E-05(D2)
2	0.06	0.09	0.141	0.02	0.06	0.06	5.8E+00(A) 5.8E+00(B) 5.8E+00(D2)	8.8E-06(A) 1.8E-06(B) 1.7E-02(D2)	4.5E-03(A) 4.5E-03(B) 4.5E-03(D2)	3.6E-05(A) 3.6E-05(B) 3.6E-05(D2)
2	0.06	0.09	0.141	0.05	0.07	0.17	4.1E+00(A) 4.1E+00(B) 4.1E+00(D2)	8.8E-06(A) 1.8E-06(B) 1.7E-02(D2)	3.2E-03(A) 3.2E-03(B) 3.2E-03(D2)	3.6E-05(A) 3.6E-05(B) 3.6E-05(D2)
2	0.06	0.09	0.141	0.1	0.08	0.39	3.3E+00(A) 3.3E+00(B) 3.3E+00(D2)	8.8E-06(A) 1.8E-06(B) 1.7E-02(D2)	2.6E-03(A) 2.6E-03(B) 2.6E-03(D2)	3.5E-05(A) 3.5E-05(B) 3.5E-05(D2)
3	0.06	0.09	0.141	0.001	0.06	0.00	8.3E+01(A) 8.3E+01(B) 8.3E+01(D2)	1.3E-05(A) 2.7E-06(B) 2.5E-02(D2)	5.4E-02(A) 5.4E-02(B) 5.4E-02(D2)	5.4E-05(A) 5.4E-05(B) 5.4E-05(D2)
3	0.06	0.09	0.141	0.005	0.06	0.01	2.1E+01(A) 2.1E+01(B) 2.1E+01(D2)	1.3E-05(A) 2.7E-06(B) 2.5E-02(D2)	1.5E-02(A) 1.5E-02(B) 1.5E-02(D2)	5.4E-05(A) 5.4E-05(B) 5.4E-05(D2)
3	0.06	0.09	0.141	0.01	0.06	0.03	1.3E+01(A) 1.3E+01(B) 1.3E+01(D2)	1.3E-05(A) 2.7E-06(B) 2.5E-02(D2)	9.7E-03(A) 9.7E-03(B) 9.7E-03(D2)	5.4E-05(A) 5.4E-05(B) 5.4E-05(D2)

Scenarie-parametre							Beregnede koncentrationer i fødevaresimulanten (µg/L)			
Antal skod i glasset	Bunddiameter (m)	Topdiameter (m)	Højde (m)	Øllag (m)	Topdiameter (øllag)	Volumen af øl (L)	Nikotin	Benz(a)pyren	(NNK)	Cadmium
3	0.06	0.09	0.141	0.02	0.06	0.06	8.8E+00(A) 8.8E+00(B) 8.8E+00(D2)	1.3E-05(A) 2.7E-06(B) 2.5E-02(D2)	6.7E-03(A) 6.7E-03(B) 6.7E-03(D2)	5.3E-05(A) 5.3E-05(B) 5.3E-05(D2)
3	0.06	0.09	0.141	0.05	0.07	0.17	6.2E+00(A) 6.2E+00(B) 6.2E+00(D2)	1.3E-05(A) 2.7E-06(B) 2.5E-02(D2)	4.7E-03(A) 4.7E-03(B) 4.7E-03(D2)	5.3E-05(A) 5.3E-05(B) 5.3E-05(D2)
3	0.06	0.09	0.141	0.1	0.08	0.39	5.0E+00(A) 5.0E+00(B) 5.0E+00(D2)	1.3E-05(A) 2.7E-06(B) 2.5E-02(D2)	3.9E-03(A) 3.9E-03(B) 3.9E-03(D2)	5.3E-05(A) 5.3E-05(B) 5.3E-05(D2)
4	0.06	0.09	0.141	0.001	0.06	0.00	1.1E+02(A) 1.1E+02(B) 1.1E+02(D2)	1.8E-05(A) 3.6E-06(B) 3.3E-02(D2)	7.2E-02(A) 7.2E-02(B) 7.2E-02(D2)	7.2E-05(A) 7.2E-05(B) 7.2E-05(D2)
4	0.06	0.09	0.141	0.005	0.06	0.01	2.8E+01(A) 2.8E+01(B) 2.8E+01(D2)	1.8E-05(A) 3.6E-06(B) 3.3E-02(D2)	2.0E-02(A) 2.0E-02(B) 2.0E-02(D2)	7.2E-05(A) 7.2E-05(B) 7.2E-05(D2)
4	0.06	0.09	0.141	0.01	0.06	0.03	1.7E+01(A) 1.7E+01(B) 1.7E+01(D2)	1.8E-05(A) 3.6E-06(B) 3.3E-02(D2)	1.3E-02(A) 1.3E-02(B) 1.3E-02(D2)	7.1E-05(A) 7.1E-05(B) 7.1E-05(D2)
4	0.06	0.09	0.141	0.02	0.06	0.06	1.2E+01(A) 1.2E+01(B) 1.2E+01(D2)	1.8E-05(A) 3.6E-06(B) 3.3E-02(D2)	8.9E-03(A) 8.9E-03(B) 8.9E-03(D2)	7.1E-05(A) 7.1E-05(B) 7.1E-05(D2)
4	0.06	0.09	0.141	0.05	0.07	0.17	8.2E+00(A) 8.2E+00(B) 8.2E+00(D2)	1.8E-05(A) 3.6E-06(B) 3.3E-02(D2)	6.3E-03(A) 6.3E-03(B) 6.3E-03(D2)	7.1E-05(A) 7.1E-05(B) 7.1E-05(D2)

Scenarie-parametre							Beregnede koncentrationer i fødevaresimulanten (µg/L)			
Antal skod i glasset	Bunddiameter (m)	Topdiameter (m)	Højde (m)	Øllag (m)	Topdiameter (øllag)	Volumen af øl (L)	Nikotin	Benz(a)pyren	(NNK)	Cadmium
4	0.06	0.09	0.141	0.1	0.08	0.39	6.7E+00(A) 6.7E+00(B) 6.7E+00(D2)	1.8E-05(A) 3.6E-06(B) 3.3E-02(D2)	5.1E-03(A) 5.1E-03(B) 5.1E-03(D2)	7.1E-05(A) 7.1E-05(B) 7.1E-05(D2)