Finaal rapport

Drukwerk in ketenperspectief

Innovatie en milieuaspecten in de keten

Smets T., Alaerts K., Verachtert E., Dils E., Huybrechts D.

MAT/1310188-01/2014-0003

Januari 2014

VITO NV
Boeretang 200 - 2400 MOL - BELGIE
Tel. + 32 14 33 55 11 - Fax + 32 14 33 55 99
vito@vito.be - www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)
Bank 375-1117354-90 ING
BE34 3751 1173 5490 - BBRUBEBB

Alle rechten, waaronder het auteursrecht, op de informatie vermeld in dit document berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. De informatie zoals verstrekt in dit document is vertrouwelijke informatie van VITO. Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO mag dit document niet worden gereproduceerd of verspreid worden noch geheel of gedeeltelijk gebruikt worden voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin aangewend worden

INHOUD

Inhoud I

Lijst van tabellen III

Lijst van figuren IV

Lijst van afkortingen V

HOOFDSTUK 1. Inleiding en doelstelling 1

1.1. Innovatie en milieuaspecten in de keten 1

1.2. Drukwerk in ketenperspectief 1

1.3. Leeswijzer 2

HOOFDSTUK 2. Drukwerk in de keten 4

2.1. Inleiding 4

2.2. Grondstoffen en productie van drukinkten 5

2.2.1. Economische situering 5

2.2.2. Grondstoffen van drukinkten 6

2.2.3. Productieproces van drukinkten 6

2.2.4. Milieuaspecten 7

2.3. Toepassing van drukinkten 8

2.3.1. Economische situering 8

2.3.2. Druktechnieken 9

2.3.3. Milieuaspecten 10

2.4. Grondstoffen en productie van papier 12

2.4.1. Economische situering 12

2.4.2. Pulp 12

2.4.3. Papier 14

2.4.4. Milieuaspecten 15

2.5. Recyclage van papier – ontinkten 16

2.5.1. Input: oud papier 16

2.5.2. Verpulpen en zuiveren 17

2.5.3. Ontinkten en verwijderen kleefstoffen 18

2.5.4. Dispersie 20

2.5.5. Wassen 20

2.5.6. Bleken 20

2.5.7. Milieuaspecten 21

2.6. Ontwikkelingen en opportuniteiten in de keten 22

2.6.1. Globale ontwikkelingen 22

2.6.2. Technische ontwikkelingen: drukinkten 23

2.6.3. Technische ontwikkelingen: drukken 27

2.6.4. Technische ontwikkelingen: papierproductie en –recyclage 28

HOOFDSTUK 3. Milieu-impact van drukwerk in Vlaanderen 31

3.1. Totale, geaggregeerde milieu-impact van drukwerk *31*

3.2. Milieu-impact van de sectoren in de keten *32*

HOOFDSTUK 4. Milieuaspecten in de keten en aanbevelingen BBT-studies: workshop ____ 34

4.1. Workshop: Drukwerk in ketenperspectief *34*

4.2. Milieuimpact van ontwikkelingen in de keten *35*

4.3. Aanbevelingen voor toekomstige (BBT-)studies *40*

4.3.1. Suggesties om in toekomstige (BBT-)studies beter rekening te houden met ketenaspecten _____ 40

4.3.2. Mogelijkheid om in toekomstige BBT-studies ook aanbevelingen te doen voor andere milieuinstrumenten _____ 44

HOOFDSTUK 5. Besluit _____ 46

Literatuurlijst _____ 47

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1. Eigenschappen van inktgroepen per drukproces (Kipphan, 2001 en NPIRI, 2008). _____ 11
Tabel 2. Milieuimpact van (mogelijke) ontwikkelingen in de keten. De kleurencode geeft aan in welke richting de milieuimpact in dit deel van de keten mogelijk verandert, waarbij groen: positieve invloed, wit: geen invloed, oranje: onduidelijke invloed en, rood: negatieve invloed. _____ 38

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1. Drukinkten in een keten van sectoren. _____ 2
Figuur 2. Structuur van de studie. _____ 3
Figuur 3. Energie- water- en materiaalkringlopen van de grafische sector (VITO, 2013). In het rood: de stappen die in deze studie aan bod komen. _____ 4
Figuur 4. Structuur van de literatuurstudie. _____ 5
Figuur 5. Evolutie van de omzet in de Vlaamse sector van coatings- en drukinktproductie (Belfirst, 2012). _____ 6
Figuur 6. Evolutie van het aantal werkgevers (excl. zelfstandigen en krantendrukkers) in de grafische nijverheid (Febelgra, 2012). _____ 9
Figuur 7. Schematisch overzicht van de verschillende druktechnieken _____ 10
Figuur 8: schematisch overzicht van de papierproductie (Bron: www.cobelpa.be). _____ 14
Figuur 9. Bijdrage van de verschillende impactcategorieën aan de geaggregeerde milieuimpact van drukwerk (IO, 2010). _____ 32
Figuur 10. Relatieve bijdrage aan de geaggregeerde impact voor de drie sectoren (IO, 2010). ___ 33

LIJST VAN AFKORTINGEN

BBT	Beste Beschikbare Technieken
BREF	BAT reference document
CEPI	Confederation of European Paper Industries
EC	Europese Commissie
ERPC	European Recovered Paper Council
IO	Vlaams Input-Output model
VITO	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek

HOOFDSTUK 1. INLEIDING EN DOELSTELLING

1.1. INNOVATIE EN MILIEUASPECTEN IN DE KETEN

Het BBT-kenniscentrum van VITO heeft als kerntaak het opstellen van BBT-studies voor verschillende industriële sectoren. Hiervoor verzamelen en verspreiden we informatie over milieu- en energievriendelijke maatregelen in industriële processen en selecteren we de Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor verschillende sectoren. De BBT vormen een referentiepunt voor de milieuvergunningsvoorwaarden van bedrijven, zowel in Vlaanderen als in Europa.

In de traditionele BBT-benadering wordt er gekeken naar mogelijkheden om bestaande productieprocessen te optimaliseren, met de bedoeling om emissies te vermijden of te beperken. De scope van een BBT-studie blijft hierbij beperkt tot één specifieke sector of industriële activiteit. Omdat industriële activiteiten en sectoren vaak onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn, kunnen milieuproblemen echter niet altijd binnen één sector opgelost worden. Om tot echt duurzame oplossingen te komen, zijn vaak maatregelen nodig in de hele keten. Er is dan ook een groeiende nood om sectoren en productieprocessen in een bredere context te bekijken. Hierbij kan gekeken worden naar innovatieve ontwikkelingen binnen clusters van sectoren en kan onderzocht worden welke technologiepaden nodig zijn om te komen tot een duurzame industriële productie.

Deze studie is een proefproject om extra aandacht te vestigen op de plaats van een bepaalde sector in de keten. Evoluties en maatregelen in een bepaalde sector kunnen een invloed hebben op andere stappen in de keten. Bovendien kan een ketenbenadering andere aspecten benadrukken die ook voor de milieuregelgeving, milieuvergunning en -vergunningsvoorwaarden relevant zijn.

1.2. DRUKWERK IN KETENPERSPECTIEF

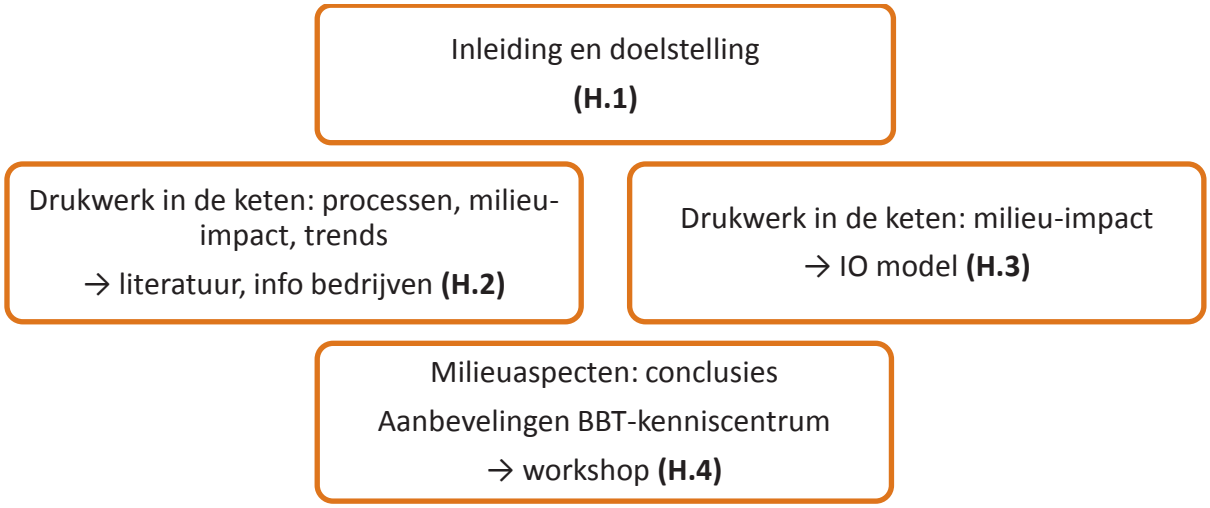
Bij de productie van drukwerk zijn verschillende industriële sectoren betrokken. De eigenlijke productie vindt plaats in de grafische industrie. Zoals bleek uit de BBT-studie grafische sector (2013), worden de emissies in deze sector sterk beïnvloed door de aard van de gebruikte drukinkten. Op het gebied van drukinkten zijn er afgelopen jaren heel wat innovaties geweest (van solventgedragen inkten naar watergedragen inkten, UV-inkten, vegetale inkten, …). Het gebruik van nieuwe inktsoorten beïnvloedt niet alleen de emissies in de grafische industrie, maar ook die van de drukinktsector (zie lopende BBT-studie productie van verf, lak, lijm en drukinkten). Daarnaast is ook de papiersector (beschreven in de BREF Pulp & Paper, 2013) een belangrijke speler in de keten van drukwerk. Niet alleen levert deze sector een belangrijke grondstof voor de grafische industrie, zij staat ook in voor de recyclage van het eindproduct (oud papier). Het gebruik van nieuwe inktsoorten voor drukwerk, heeft ook implicaties voor de papiersector, omdat het van invloed kan zijn op de ontinktbaarheid van de papiervezels en dus op het recyclageproces en de milieu-aspecten die daarmee gepaard gaan. Als de milieu-impact van nieuwe drukinkten of andere evoluties moet beoordeeld worden, kunnen grafische industrie, productie van drukinkt en papierindustrie dus niet los van elkaar gezien worden (Figuur 1). Om tot duurzaam drukwerk te komen, is samenwerking nodig tussen deze sectoren.

Figuur 1. Drukinkten in een keten van sectoren.

Het doel van dit project is om evoluties en maatregelen die leiden tot milieuvriendelijker drukwerk vanuit ketenperspectief in kaart te brengen. Sommige maatregelen die gunstig lijken voor een bepaalde sector kunnen tot knelpunten leiden in andere delen van de keten. Anderzijds kunnen knelpunten in een bepaalde sector net een oplossing vinden in andere delen van de keten. Dit moet uiteindelijk leiden tot aanbevelingen op vlak van milieuvergunningen, -regelgeving, en -subsidies voor een verdere verduurzaming in de keten. Ketenaspecten kunnen ook in toekomstige BBT-studies meer in rekening worden gebracht.

1.3. LEESWIJZER

De aanpak van deze studie kan worden opgesplitst in drie delen. In **hoofdstuk 2** verzamelen we de beschikbare informatie uit de literatuur over de technische en milieuaspecten van drukwerk, drukinkten, recyclage en evoluties in de keten. Deze informatie wordt aangevuld met bevragingen van bedrijven, kenniscentra en sectorfederaties. Voor elke stap in de keten worden de processen beschreven en behandelen we de voornaamste milieuaspecten en enkele knelpunten. In **hoofdstuk 3** wordt de globale milieu-impact van drukwerk in kaart gebracht aan de hand van het Vlaams milieu Input Output model. Dit model laat ook toe om de bijdrage van de verschillende sectoren tot de globale milieu-impact te begroten. Het Vlaams IO-model incorporeert verschillende milieugegevens, onder andere emissies naar lucht, emissies naar water en energiegebruik. Op basis van al die milieugegevens kan de milieu-impact van een sector of van een product worden berekend. De informatie uit hoofdstuk 2 en 3 zal leiden tot een aantal knelpunten die verder onderzocht worden in **hoofdstuk 4**. Hierin beschrijven we namelijk de standpunten van verschillende stakeholders, die tijdens een workshop zijn besproken. De milieu-impact van een aantal evoluties in de hele keten wordt behandeld. Tot slot behandelt hoofdstuk 4 ook een aantal aanbevelingen op het vlak van milieuvergunningen, milieuregelgeving en milieusubsidies voor een verdere verduurzaming in de keten. Traditioneel worden in afzonderlijke BBT-studies aanbevelingen voor milieuregelgeving geformuleerd. Suggesties om bij deze aanbevelingen in toekomstige BBT-studie rekening te houden met ketenaspecten komen hierin aan bod.



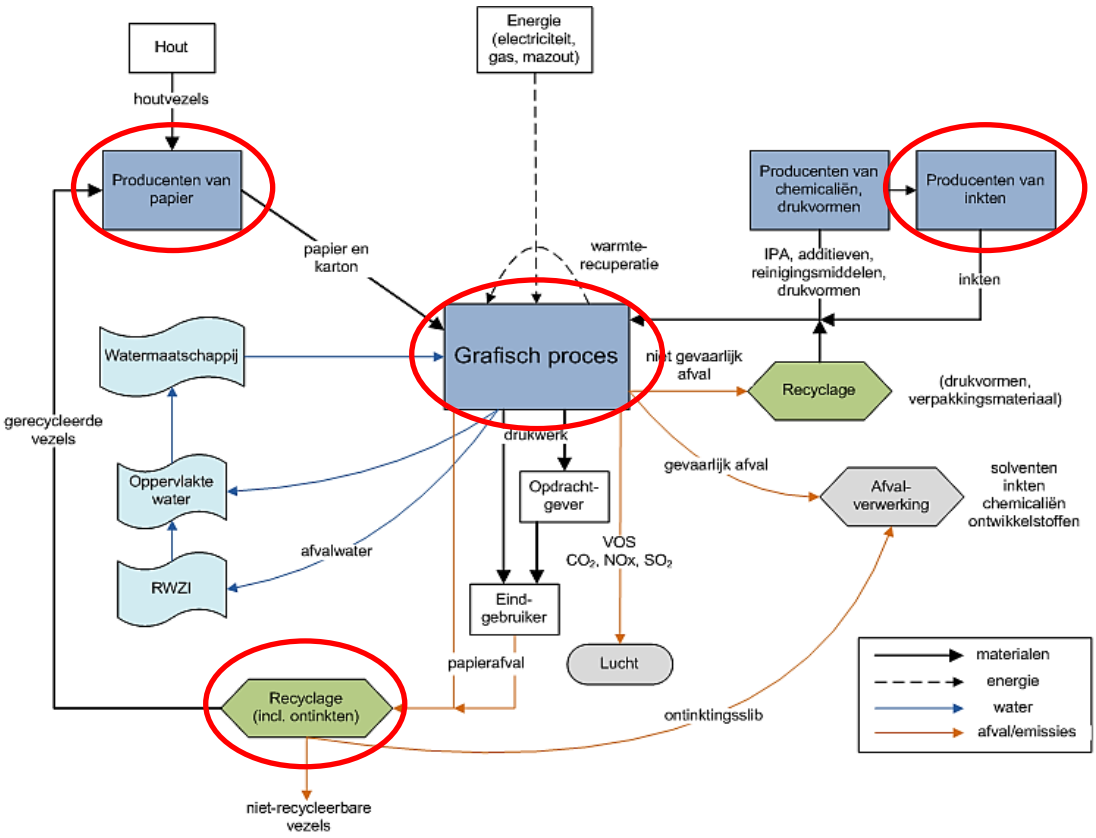
Figuur 2. Structuur van de studie.

HOOFDSTUK 2. DRUKWERK IN DE KETEN

2.1. INLEIDING

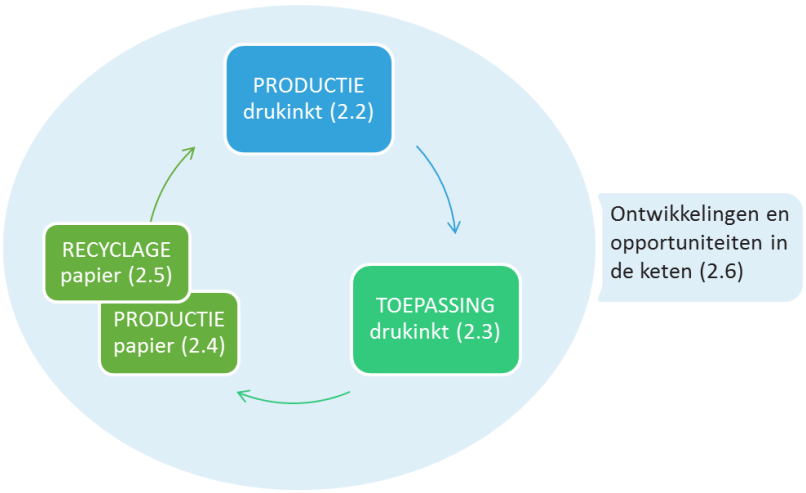
Dit hoofdstuk biedt een overzicht van de verschillende stappen in de keten van het drukwerk. Voor iedere sector wordt kort de economische situatie geschetst en worden de processen, gebruikte grondstoffen en de belangrijkste milieuaspecten besproken. Het doel is om de verschillende stappen in kaart te brengen en om voldoende zicht te krijgen op wat de mogelijke knelpunten zijn in iedere sector. We baseren ons hierbij op de beschikbare bronnen, waaronder BBT-studies, sectorrapporten, LCA-studies of bevragingen van stakeholders. Bovendien behandelen we enkele belangrijke ontwikkelingen en opportuniteiten die een invloed kunnen hebben op de verschillende stappen in de keten. Dit hoofdstuk moet een houvast bieden voor mogelijke aanbevelingen op vlak van milieuvergunningen, milieuregelgeving of milieusubsidies.

De nadruk ligt op de invloed van (ontwikkelingen van) drukinkten op de keten, namelijk de productie en toepassing van drukinkten en de recyclage van bedrukt papier en karton. De BBT-studie voor de grafische sector (2013) behandelt de energie-, water- en materiaalstromen waarbinnen de productie van drukwerk plaatsvindt. Figuur 3 stelt deze stromen voor en geeft aan welke stappen in deze studie worden behandeld.



Figuur 3. Energie- water- en materiaalkringlopen van de grafische sector (VITO, 2013). In het rood: de stappen die in deze studie aan bod komen.

De studie focust op de drukinkten en de grafische druktechnieken voor het bedrukken van papier en karton. Drukinkten en druktechnieken worden ook op heel wat andere substraten toegepast, bv. textiel of kunststof, maar deze vallen buiten de scope van de studie. We gaan ook niet dieper in op het bedrukken van verpakkingen (bv. voedselverpakkingen, farmaceutische verpakkingen). Dit omdat in dat geval een noodzakelijke afweging van veiligheidsaspecten en milieu-impact, het formuleren van besluiten in het kader van deze studie sterk bemoeilijkt. De stappen die achtereenvolgens worden beschreven zijn de productie van drukinkten (§ 2.2), de toepassing van drukinkten (§ 2.3), de productie van papier (§ 2.4) en tot slot de recyclage, inclusief het ontinkten, van papier en karton (§ 2.5) (Figuur 4).



Figuur 4. Structuur van de literatuurstudie.

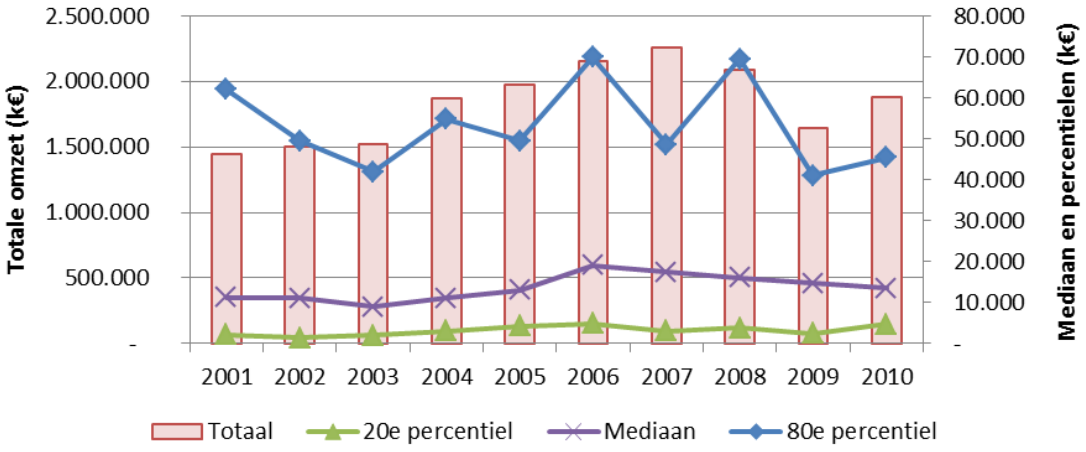
2.2. GRONDSTOFFEN EN PRODUCTIE VAN DRUKINKTEN

2.2.1. ECONOMISCHE SITUERING

De sectorfederatie IVP vertegenwoordigt ongeveer 70 bedrijven uit de verf-, vernis- en drukinkten-industrie met in totaal meer dan 3.500 werknemers in België. De sector van de coatings- en inktproductie telt ca. 40 bedrijven in Vlaanderen. Hiervan zijn er slechts drie bedrijven met meer dan 200 werknemers. Het merendeel van de bedrijven (71%) heeft minder dan 50 werknemers.

De omzet in deze sector kent een grillig verloop (Figuur 5). De omzetdaling vanaf 2008-2009 is waarschijnlijk te wijten aan de economische crisis. De Belgische economie kromp in 2009 met 3% volgens het jaarverslag van de Nationale Bank.

De sector van coatings- en inktproductie blijkt erg conjunctuurgevoelig. De meeste bedrijven zijn eerder klein en hebben een kleine omzet. Enkele grote bedrijven beïnvloeden de cijfers voor de totale sector.



Figuur 5. Evolutie van de omzet in de Vlaamse sector van coatings- en drukinktproductie (Belfirst, 2012).

2.2.2. GRONDSTOFFEN VAN DRUKINKTEN

We kunnen de verschillende types drukinkten als volgt onderverdelen: vloeibare (water- en solventgedragen) drukinkten, pasteuze (oliegebaseerde) drukinkten en stralingshardende drukinkten (zoals UV drukinkten). De toepassing van de drukinkten bepaalt in grote mate hun samenstelling.

Algemeen bestaan drukinkten uit drie hoofdbestanddelen: bindmiddelen, kleurmiddelen en hulpstoffen. **Bindmiddelen** vormen de grondstof voor het vormen van de inktfilm waarin de kleurgevende stof wordt gedispergeerd (pigmenten) of opgelost (kleurstoffen). Het bindmiddel verzekert de kleuroverdracht vanaf de inktpot tot de drager. Bovendien verzekert het bindmiddel de filmvorming en de hechting op de drukdrager. De aard van het bindmiddel verandert afhankelijk van het drukprocedé (bv. alkydes voor offsetinkten, acrylesters voor UV-inkten). **Kleurmiddelen** laten toe het gedrukte op de drukdrager zichtbaar te maken en omvatten zowel de pigmenten, onoplosbaar in het suspensiemilieu, als de kleurstoffen die wel oplosbaar zijn. Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen anorganische (bv. titaanoxide, chroomgeel) en organische kleurmiddelen (bv. fluorescerende pigmenten, derivaten van ftalocyanine, dioxazine, indanthreen). Elk pigment heeft zijn specifieke aspecten qua kleur, lichtvastheid, chemicaliënbestandheid, dekkracht, vochtbestendigheid, dispergeerbaarheid en toxiciteit, en beïnvloedt ook de eigenschappen van de drukinkt (Stemerding et al., 2009). **Hulpstoffen** (bv. solventen of water) worden aan de inkt toegevoegd om bepaalde eigenschappen zoals viscositeit en droging van de inkt te bepalen.

2.2.3. PRODUCTIEPROCES VAN DRUKINKTEN

Bij het aanmaken van **vloeibare drukinkten** gaat men steeds vertrekken van een vernis (ongepigmenteerde drukinkt) en gaat men later de pigmenten, om de uiteindelijke kleur te krijgen, toevoegen. Voor de aanmaak van vernis worden harsen (vaak bevochtigde nitrocellulose) en oplosmiddel (water of oplosmiddelen) gemengd in gesloten mengkuipen of mixers (vaak dissolvers). De belangrijkste oplosmiddelen zijn ethylacetaat en ethanol, maar ook glycolen worden gebruikt. Van hieruit worden de vernissen verpompt naar de verwerkingspunten voor verdere aanmaak van de premix en naar de doseerinstallatie waar een afgewerkte drukinkt naar kleur en

vloeibaarheid wordt aangemaakt. Een premix (mengsel van pigmenten, bind- en oplosmiddel) wordt aan de hand van mengers en mixers (dissolvers) aangemaakt. Hierdoor wordt de pigmentkorrel bevochtigd en telkens ter hoogte van de mengschijf verkleind. Dit voorgemengd kleurmengsel (premix) gaat dan naar de parelmolen voor verfijning (ook vermaling genoemd) en bijkomende vermenging. De aanmaak van afgewerkte drukinkten gebeurt door het mengsel op specificatie te brengen in mengkuipen met roerders. Eventueel kan er nog een dispergeerproces volgen, waardoor er dus verschillende cycli met parelmolen en mengkuip doorlopen worden alvorens de filtratie van het eindproduct. Na filtratie (zie filtreren verfproducten) op afvulmachines wordt de inkt in zijn eindverpakking gebracht.

De productie van **pasteuze drukinkten** verschilt vooral van de vloeibare inkten door het feit dat er geen oplosmiddelen worden gebruikt. Premixen worden hoofdzakelijk aangemaakt van pigmentpoeders, oliën en vernissen.

Het productieproces voor **stralingshardende drukinkten**, zoals UV-drukinkten, is grotendeels hetzelfde als dat van pasteuze oliegebaseerde drukinkten, waarbij acrylaten (mono- of oligomeren met minimaal één acrylaatfunctie) en foto-initiatoren worden toegevoegd i.p.v. oliën. UV-drukinkten verharden niet door contact met zuurstof, maar zijn instant droog na bestraling met UV-licht. Het UV-licht (200-400nm) alleen is niet voldoende om de dubbele binding van de acrylaten te breken. Daarom worden foto-initiatoren toegevoegd om de polymerisatie op te starten.

2.2.4. MILIEUASPECTEN

In de sector van drukinktproductie hebben het mengen van de bestanddelen en het reinigen van de tanks de grootste invloed op het milieu. De afvalstromen en emissies die kunnen optreden zijn:

- Vervuilde solventen van reiniging
- Vervuild water van reiniging
- Stof- en solventemissies naar de lucht

Bovendien worden er heel wat (chemische) materialen gebruikt bij de productie en wordt er voornamelijk door de meng- en dispergeerinstallaties energie verbruikt.

→ Grondstoffen en materialen

Drukinkten bestaan uit een mengsel van allerlei bestanddelen. De aard van deze bestanddelen bepaalt de milieubelasting die optreedt bij het gebruik van inkten. De belangrijkste bestanddelen in inkten die een milieubelasting veroorzaken zijn zware metalen, VOS en minerale oliën.

Sommige pigmenten in drukinkten bevatten **zware metalen** (bv. seleen, cadmium, arseen). Dankzij de innovaties van de drukinktfabrikanten bevatten de basisinkten (cyaan, magenta, geel en zwart) echter geen zware metalen meer. Enkel inkten die speciale eigenschappen aan het drukwerk geven (bv. sterk verzadigde kleuren, kleuren die een zekere weerstand hebben tegen chemische stoffen) bevatten soms nog pigmenten op basis van zware metalen (Febelgra, 2010b). De Europese vereniging van inktproducenten publiceert regelmatig een uitsluitingslijst van chemische substanties voor drukinkten (EUPIA, 2011b). Hoewel deze lijst geen wettelijke verplichtingen inhoudt en louter als aanbevelingen dient, wordt dit toch door heel wat Europese inktproducenten ondersteund. Pigmenten gebaseerd op zware metalen, zoals arseen, cadmium, chroom, seleen en lood zijn in deze lijst opgenomen.

Vele drukinkten bevatten een bepaalde hoeveelheid **VOS** afhankelijk van het type en de toepassing ervan. Het VOS-gehalte varieert sterk naargelang de druktechniek (zie § 2.3.3).

Oliehoudende inkten kunnen tot 40% minerale oliën bevatten. **Minerale oliën** zijn afkomstig van niet-hernieuwbare grondstoffen. Er zijn echter ook steeds meer plantaardige inkten op de markt. Bij plantaardige inkten zijn de minerale oliën (gedeeltelijk) vervangen door plantaardige oliën van graan, okkernoot, kokosnoot, lijnzaad, koolzaad en soja (Febelgra, 2010b). Deze oliën zijn afkomstig van hernieuwbare bronnen. Soms spreekt men over plantaardige of vegetale inkten indien slechts een gedeelte van de minerale oliën vervangen is door plantaardige oliën. Er zijn geen richtlijnen beschikbaar die aangeven vanaf welk aandeel plantaardige oliën in de inkt men kan spreken van plantaardige of vegetale inkten.

→ **Luchtemissies**

Door het verdampen van de vluchtige componenten uit de meng- en dispergeerapparatuur kunnen koolwaterstofemissies optreden. Deze worden sterk gereduceerd door het voorzien van een afzuiging en een nabehandeling van de afgezogen lucht. Ook stofemissies kunnen optreden wanneer er met poedervormige grondstoffen (pigmenten) wordt gewerkt.

Tijdens de productie van UV-inkten treden er geen solventemissies op, waardoor er geen nood is aan een afzuigsysteem en/of naverbrander.

→ **Afvalwater**

Afvalwater in het productieproces wordt geproduceerd door het spoelen en reinigen van tanks en molens, de koeling van productiesystemen en door het schoonmaken. De geloosde hoeveelheden zijn erg uiteenlopend. Bedrijven voeren het afvalwater vaak af naar externe verwerkers omdat het te complex is om zelf te zuiveren. Uit gesprekken blijkt dat veelgenoemde probleemparameters zijn: te hoge BZV, metalen (bv. Cu van Cu-complexen in de pigmenten) en het aspect van het water (gekleurd).

→ **Afvalstoffen**

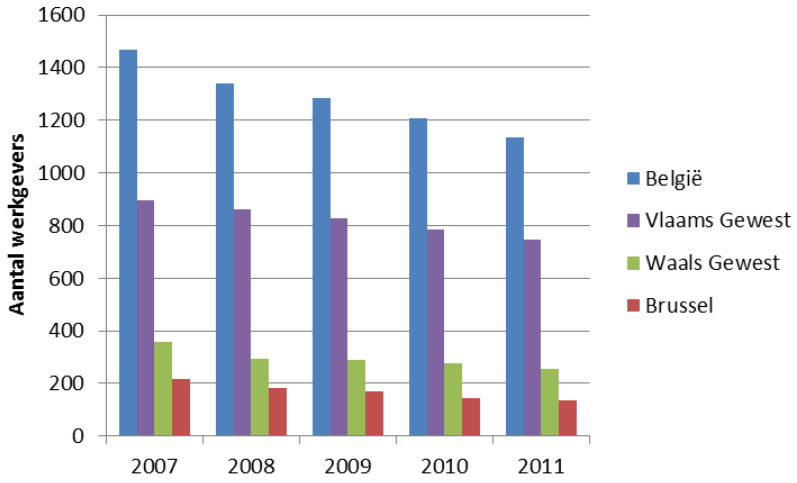
De belangrijkste afvalstoffen die bij de productie van drukinkten optreden zijn verpakkingsafval, filterafval en organische oplosmiddelen. Papier- en kartonafval van verpakkingen (o.a. papieren zakken van pigmenten) en kunststoffen is het niet-gevaarlijk afval. Het gevaarlijk afval omvat onder andere inktresten met organische oplosmiddelen of zware metalen, oplosmiddelen of mengsels van oplosmiddelen. Wanneer de reinigingssolventen te vervuild geraken voor hergebruik, moet men deze eveneens verwijderen als gevaarlijk afval.

2.3. TOEPASSING VAN DRUKINKTEN

2.3.1. ECONOMISCHE SITUERING

In 2011 bestond de grafische industrie uit 745 werkgevers en ca. 10.000 werknemers (R.S.Z., excl. zelfstandigen). Over de laatste vijf jaar (2007-2011) stelt men in Vlaanderen een daling vast van het

aantal werkgevers van ca. 23% (Figuur 6). Het aantal faillissementen, fusies en overnames in de sector en problemen eigen aan de opvolging van KMO's die soms leiden tot stopzetting van de activiteit kunnen de oorzaak zijn van de negatieve tendens (Febelgra, 2011).



Figuur 6. Evolutie van het aantal werkgevers (excl. zelfstandigen en krantendrukkers) in de grafische nijverheid (Febelgra, 2012).

Kenmerkend voor de grafische nijverheid is dat de ondernemingen hoofdzakelijk KMO's zijn. In 2011 telde 95% van de Belgische werkgevers minder dan 50 werknemers. Zelfs 75% van de werkgevers stelde minder dan 10 mensen te werk. De 5% grootste ondernemingen stellen daarentegen wel 43% van de werknemers in de grafische sector te werk (Febelgra, 2012).

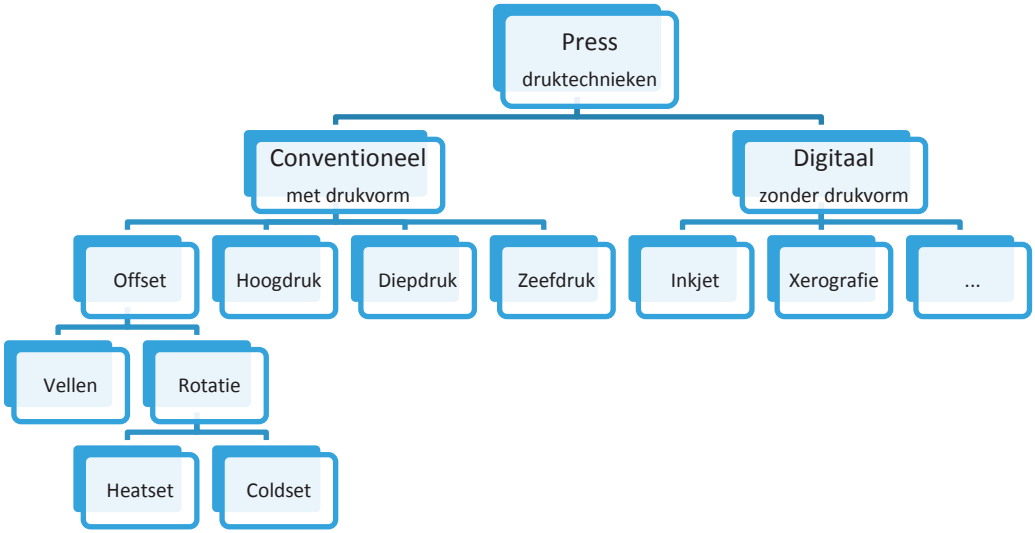
Het omzetcijfer van de grafische industrie in België bedroeg in 2011 ca. 3 miljard euro. Men stelt een daling vast van deze omzet in de laatste vijf jaar. Dit is grotendeels te verklaren door een steeds afnemende omzet van de kranten en reclame in regionale weekbladen. Andere reclame-uitgaven daarentegen namen toe in 2010 ten opzichte van 2009 (bv. internet, magazines, dagbladen).

2.3.2. DRUKTECHNIEKEN

In de grafische sector worden drukinkten tijdens de drukfase gebruikt om informatie door middel van drukvormen (of digitaal) op papier of andere substraten over te brengen. Op basis van de drukvorm onderscheiden we vier verschillende drukprincipes. Bij het digitaal drukken wordt er geen gebruik gemaakt van een drukvorm. Het voorbereiden en het maken van proeven (prepress) en de nabewerking en afwerking van een grafisch product (postpress) vinden voor iedere druktechniek op een vergelijkbare manier plaats. We onderscheiden volgende druktechnieken:

- **Offset** of vlakdruk, waarbij de drukkende en niet-drukkende delen op de drukvorm in hetzelfde vlak liggen. De inktaanname van de drukkende delen is hierbij niet gebaseerd op een hoogteverschil in de drukvorm, maar op een variërende oppervlaktespanning (vellenoffset/coldset/heatset).
- **Hoogdruk** (flexo), waarbij de drukkende delen in de drukvorm hoger liggen dan de niet-drukkende delen.
- **Diepdruk** of helio, waarbij de drukkende delen op de drukvorm lager liggen dan de niet drukkende delen.

- **Zeefdruk**, waarbij de drukkende delen gevormd worden door open gaatjes in de drukvorm. De inkt wordt door de drukvorm “getrokken”.
- **Digitaal drukken**, waarbij geen gebruik wordt gemaakt van een blijvende of materiële drukvorm. Het beeld wordt rechtstreeks op de drager gevormd door middel van toner of inkt.



Figuur 7. Schematisch overzicht van de verschillende druktechnieken

Het type drukinkt dat in de drukfase wordt gebruikt is afhankelijk van de druktechniek. Voor offset maakt men gebruik van olie-gebaseerde inkten, bij flexo, diepdruk en zeefdruk worden vaak vloeibare inkten toegepast (water- of solventgebaseerd) terwijl uithardende inkten, bv. door UV, kunnen gebruikt worden bij zeefdruk, flexo en digitaal drukken. In België en Luxemburg werd er in 2010 ca. 30.000 ton drukinkt verbruikt. Ongeveer 47% hiervan bestond uit olie-gebaseerde inkten (offset). Het aandeel solvent- en watergebaseerde inkten voor diepdruk en flexo bedroeg respectievelijk 17 en 13%. De overige inkten (23%) omvatten onder andere UV-inkten en inkten gebruikt bij digitale druktechnieken (EuPIA, 2011).

2.3.3. MILIEUASPECTEN

De belangrijkste milieuaspecten in de drukfase hebben betrekking op emissies naar lucht, het energieverbruik en de productie van afval en afvalwater.
De afvalstromen in een drukkerij bestaan voor ca. 75% uit papier- en kartonafval (OVAM, 2011). Inschiet en snijafval zijn hiervan de belangrijkste oorzaken. Er zijn heel wat maatregelen beschikbaar en verschillende campagnes opgezet opdat bedrijven bewuster zouden omgaan met hun papierverbruik. Naast papier- en kartonafval is ook inktafval een belangrijke afvalstroom. Inktafval omvat inktresten die in de drukpers of in inktverpakkingen overblijven. De hoeveelheid inktafval wordt onder andere bepaald door het aantal drukopdrachten met verschillende types inkt, waardoor de inktreservoirs telkens worden uitgekuist, en door de grootte van de inktverpakkingen.

De samenstelling van het afvalwater van drukkerijen is grotendeels afhankelijk van de grond- en hulpstoffen die worden gebruikt en de drukprocessen die worden toegepast. De digitalisering van de vele prepress-verrichtingen, ongeacht de gebruikte druktechniek, veranderde de processen en

verminderde de hoeveelheid afvalwater fundamenteel. Sommige drukkerijen lozen op deze wijze helemaal geen bedrijfsafvalwater meer (Febelgra, 2010b). Een waterzuiveringsinstallatie komt dan ook zelden voor in een drukkerij. In sommige drukkerijen kan het zijn dat verontreinigd spoelwater (bv. als gevolg van het reinigen van zeefdrukramen) toch wordt geloosd.

De keuze voor een bepaalde inktsoort hangt af van de druktechniek. Voor een zelfde druktechniek zal het type inkt in hoofdzaak een invloed hebben op de uitstoot van vluchtige organische stoffen (VOS) en het energieverbruik door het droogproces.

→ **Luchtemissies**

Drukinkten bevatten een bepaalde hoeveelheid VOS afhankelijk van het type inkt, het droogproces en de druktechniek. Bij vellenoffset droogt de inkt voornamelijk door oxidatie. Conventionele vellenoffsetinkten bevatten doorgaans nauwelijks VOS. Door de hogere snelheid waarmee rotatie-offset coldsetpersen drukken in vergelijking met vellenoffset, vindt de droging bij coldset hoofdzakelijk plaats door absorptie van de inkt aan het papier. Daarnaast droogt de inkt tevens door oxidatie en door polymerisatie. Het gehalte aan VOS bij coldsetinkten varieert in theorie typisch tussen 5 en 30%. Leveranciers geven echter aan dat het gehalte tegenwoordig heel wat lager ligt. De VOS die hierbij vrijkomen tijdens het drukken zijn dan ook beperkt. Het gehalte aan VOS ligt beduidend hoger bij heatset inkten: 35-45%. Hier worden de inkten gedroogd door verdamping aan de hand van hete lucht uit een oven. De VOS-emissies worden bij heatset gecontroleerd door het gebruik van naverbranders. Voor verpakkingsdruk (flexo en diepdruk) is er vaak een onderscheid tussen solvent- en watergebaseerde inkten. Solventgebaseerde inkten bevatten een gehalte aan VOS (alcoholen en esters) van 40-70%. Afhankelijk van de toepassingen, het substraat en het type pers kunnen de emissies van VOS bij dit drukwerk gereduceerd worden door een solventrecuperatiesysteem, naverbrander of door het gebruik van watergebaseerde inkten. Deze watergebaseerde inkten hebben een zeer laag gehalte aan VOS (0-2%) en kunnen voor een aantal toepassingen solventgebaseerde inkten succesvol vervangen. Indien UV of EB (electron beam) inkten worden gebruikt bij de verschillende drukprocessen vindt de droging plaats door polymerisatie. Door deze technologie bevatten de inkten een zeer laag gehalte aan VOS: 0-5% (CPIMA, 2010).

Tabel 1. Eigenschappen van inktgroepen per drukproces (Kipphan, 2001 en NPIRI, 2008).

Drukproces	Inktgroep	Droogproces*	VOS-samenstelling	VOS-gehalte (%)	VOS-reductie
Vellenoffset	Pasteus/olie-houdend	oxidatie	Alifatische koolwaterstoffen	0-20	Geen
	UV/EB	Polymerisatie	n.b.	0-5	Geen
Coldset	Pasteus/olie-houdend	absorptie	Alifatische koolwaterstoffen	2-20	Geen
	UV/EB	Polymerisatie	n.b.	0-5	Geen
Heatset	Pasteus/olie-houdend	Verdamping	Alifatische koolwaterstoffen	35-45	Naverbrander
	UV/EB	Polymerisatie	n.b.	0-5	Geen
Flexo en diepdruk	Solvent-gebaseerd	Verdamping	Verschillende solventen	40-70	Naverbrander
	Water-gebaseerd	Verdamping	Alcohol (indien aanwezig)	0-2	Geen
	UV/EB	Polymerisatie	n.b.	0-5	Geen

*Voornaamste droogproces, afhankelijk van het substraat treedt absorptie op bij alle drukprocessen; n.b.: niet bekend

→ **Energieverbruik**

De bronnen van energieverbruik in een drukkerij zijn voornamelijk de gebouwen en diensten (verwarming, verlichting, ventilatie), het intern transport en het productieapparaat. Tijdens de productie, waaraan het grootste deel van het energieverbruik is toe te schrijven, wordt energie verbruikt door de drukpersen, droogsystemen, reinigingssystemen en postpress-installaties. Het absolute verbruik van energie in het productieapparaat is dan ook sterk afhankelijk van het drukproces. Druktechnieken die gebruik maken van een droogsysteem op basis van bijvoorbeeld hete lucht of UV-straling of waarbij een naverbrander is aangeschakeld, verbruiken veel energie. Heatset en verpakkingsdruk (flexo en diepdruk met solventgebaseerde inkten) verbruiken daarom aanzienlijk meer energie dan bijvoorbeeld vellenoffset. Bovendien heeft ook het type inkt en papier een invloed op het energieverbruik. Dit bepaalt namelijk het type droogproces. Zo zal er bij vellenoffset met conventionele offsetinkten minder energie worden verbruikt in vergelijking met UV-inkten die door straling moeten uitharden. Digitaal drukken wordt over het algemeen gekenmerkt door een groot energieverbruik.

2.4. GRONDSTOFFEN EN PRODUCTIE VAN PAPIER

Papier bestaat in wezen uit een vel van cellulosevezels met een aantal toegevoegde bestanddelen, waarvan de samenstelling afhankelijk is van de gewenste kwaliteit en het beoogde gebruik.

2.4.1. ECONOMISCHE SITUERING

De Belgische papiersector telt tien ondernemingen, waarvan er vijf in Vlaanderen gesitueerd zijn. De gezamenlijke omzet van deze tien ondernemingen is om en bij de 2 miljard euro en samen stellen ze meer dan 4000 mensen tewerk. Cobelpa, de vereniging van fabrikanten van papierdeeg, papier en karton, behartigt de belangen van de bedrijven.
De Belgische papierproductie kent een sterke focus op grafische producten. Met 1,452 miljoen ton vertegenwoordigde het grafische papier in 2012 72 % van de totale papier- en kartonproductie (2,008 miljoen ton). 23% van de productie ging naar verpakkingsmaterialen en de overige 5% naar de vervaardiging van golfkarton, huishoudelijk- en sanitair papier en een aantal speciale papiersoorten. Met een klein dieptepunt in 2009, schommelt de totale Belgische papier- en kartonproductie al enkele jaren rond de 2 miljoen ton.
Door de grafische specialisatie is driekwart van de papierproductie voor uitvoer bestemd, terwijl de binnenlandse papier- en kartonconsumptie voor meer dan 90% door import gevoed wordt.
In 2012 werd 1,150 miljoen ton oud papier als inputmateriaal gebruikt. Dit vertegenwoordigt twee derde van de gebruikte vezels in de Belgische papier- en kartonindustrie. (Cobelpa, 2013)

2.4.2. PULP

Het maken van papier begint met de productie van pulp. Dit kan op heel verschillende manieren gebeuren.

Als inputmateriaal kan het papierbedrijf hout of een andere bron van plantaardige vezels gebruiken. Het hout(achtige materiaal) wordt eerst ontschorst en tot chips verwerkt, of houtchips worden als dusdanig aangekocht. Die chips worden met water en warmte op chemische of op mechanische manier omgezet tot individuele vezels.

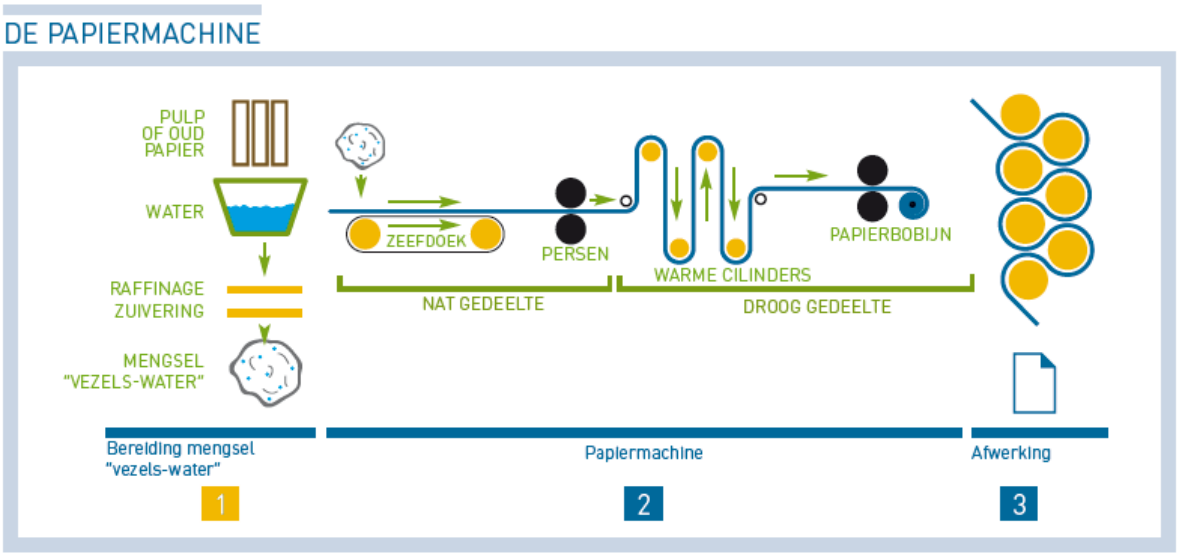
In het eerste geval spreekt men van **chemische pulp**. Bij chemische pulp komen de vezels vrij uit de houtmatrix door afbraak van het lignine in een chemische oplossing op hoge temperatuur. Het belangrijkste productieproces in dit verband is het zogenaamde '*kraft pulp*' proces. Het koken gebeurt hier in een alkalisch milieu, met natriumhydroxide en natriumsulfide als actieve chemicaliën. De aanwezigheid van lignine in papier geeft aanleiding tot een geelverkleuring bij blootstelling aan licht. Chemische pulp zonder lignine kan dus gebruikt worden voor de productie van hoogwaardige papiersoorten met een lange gebruiksduur, zoals papier voor boeken, schriften, bepaalde verpakkingen, enz. Papier zonder lignine noemt men ook 'houtvrij papier'.
Na het koken worden de cellulosevezels afgescheiden en wordt de restvloeistof, 'black liquor', verbrand in een regeneratieinstallatie. Het bleken van de resulterende bruinachtig pulp kan gebeuren met chloordioxide. Dit geeft '*Elementary Chlorine Free*' of ECF-pulp. Met zuurstof, waterstofperoxide, ozon of enzymen als bleekmiddelen verkrijg je '*Totally Chlorine Free*'of TCF-pulp.

Mechanische pulp wordt in België enkel via het chemicothermomechanische proces (CMTP) geproduceerd. Het CTMP-proces maakt de lignine eerst zacht door het verwarmen en weken van de chips in natriumsulfiet. Tussen twee metalen schijven met messen worden de vezels dan ontrafeld. Afhankelijk de gewenste pulpkwaliteit kan een bleekproces de natuurlijke kleurbestanddelen van het hout neutraliseren. Hiervoor gebruikt men hoofdzakelijk waterstofperoxide.
Mechanische pulp bevat nog quasi volledig de in het hout aanwezige lignine, waardoor het enkel kan gebruikt worden voor de productie van zogenaamd 'houthoudend' papier met een korte levensduur bv. tijdschriftpapier.

Met **oud papier** als startmateriaal begint het recyclageproces door de vezels opnieuw in suspensie te brengen in water. Zo bekomt men een grijze brij, die gereinigd en afhankelijk van het gewenste eindresultaat ook ontinkt en gebleekt moet worden. Deze processen bespreken we in detail in paragraaf 2.5. Voor sommige papiersoorten is het verder nodig de lange vezels (naaldhout) te scheiden van korte (loofhout). Deze bijkomende sortering gebeurt via verschillende opeenvolgende wasbeurten of fractioneringen, te korte vezels worden verwijderd.

Een papierproducent kan de pulp ook elders aankopen (een **niet-geïntegreerd** papierbedrijf), als dunne suspensie of als gedroogde vellen.

2.4.3. PAPIER



Figuur 8: schematisch overzicht van de papierproductie (Bron: www.cobelpa.be).

De pulp wordt verder gemengd met water, ontdaan van allerlei vreemde bestanddelen en klonters, en soms ook geraffineerd. Bij raffinage worden de vezels gemalen tussen schijven bezet met messen (refiner). Door dit 'raspen' komen er vezelhaartjes los, zodat de vezels zich beter aan elkaar kunnen hechten en er een homogenere vezelverdeling op het vel papier plaats vindt.

De pulpsuspensie, die nog voor 95% uit water bestaat, wordt gelijkmatig aangebracht op een vlak zeefdoek, dat snel doorheen de papiermachine heen beweegt. Water wordt afgezogen en de vezels verbinden zich. Rollen persen het papierweb samen tot een glad oppervlak, en onttrekken nog meer water. Een vochtgehalte van 50% wordt zo bereikt. Dan wordt het papier gedroogd op door stoom verwarmde cylinders, via warme lucht of door infraroodstraling, tot een vochtgehalte van zo'n 6%.

Nadien kan het papier nog een aantal bewerkingen ondergaan, naargelang de beoogde kwaliteit.
Bij het kalanderen bijvoorbeeld maken met stoom verwarmde gietijzeren rollen het oppervlak van het vel gladder en glanzender. Dit verhoogt eveneens de bedrukbaarheid van het papier.
Coaten is het aanbrengen van een 'strijklaag' van mineralen zoals calciumcarbonaat, talk of kaolien aan op één of beide zijden van het papier. Zo krijgt het papier een witter, glanzend en mooi egaal oppervlak, wat opnieuw bedrukken vereenvoudigt en het drukcontrast vergroot. Een coating binder zorgt voor een goede aanhechting van de mineralen aan het papier. Als binder gebruikt men onder andere synthetische producten zoals latex en natuurlijke organische bindmiddelen als zetmeel. Dikwijls bevat de coating ook nog chemische additieven als dispergeermiddelen en harsen.

Het uiteindelijke resultaat kan men afhankelijk van de toepassing onderverdelen in:

- Verpakkingen van papier en karton
- Grafisch papier: houthoudend of niet-houthoudend papier voor kranten, tijdschriften, kopieerapparaten, boeken, etc.
- Huishoudelijk en hygiënisch papier: keukenrol, servetten, WC-papier, zakdoeken etc.
- Speciaal papier: etiketten, thermisch papier, bankbiljetten etc.

De Belgische papierproductie is zoals gezegd vooral toegespitst op grafisch papier (72%) (Cobelpa, 2013).

2.4.4. MILIEUASPECTEN

De milieuimpact van het pulp- en papierproductieproces is sterk afhankelijk van de geproduceerde papiertypes en –kwaliteiten en van de gekozen processen voor bv. het maken van pulp. De milieuimpact van papierrecyclage komt aan bod in paragraaf 2.5.

→ Grondstoffenverbruik

Vezels vormen 80 % van de gebruikte grondstoffen in de papierindustrie. In België is twee derde hiervan afkomstig uit oud papier (Cobelpa, 2013). De overige verse vezels vinden hun oorsprong in de bijproducten van bosbouw, zagerijen en in duurzaam beheerde plantages. In België, is de totale capaciteit aan pulpproductie op basis van verse vezels gedekt door een gecertificeerd ketenbeheer onder FSC of PEFC.

Het materiaalrendement van het kraftproces bedraagt ongeveer 50%: voor elke ton hout (droge stof) wordt een halve ton lignine als energie benut, terwijl een halve ton papierpulp geproduceerd wordt. De kookchemicaliën komen uit de black liquor regeneratieinstallatie vrij in de vorm van gesmolten as die hergebruikt wordt.
Omdat de lignine niet verwijderd wordt, is het rendement van de mechanische pulp ongeveer 95%: met een ton hout (droge stof) produceert men 950 kg pulp.

De niet-vezelmaterialen die in grote hoeveelheden worden gebruikt bij de papierproductie zijn hoofdzakelijk vulmiddelen als calciumcarbonaat, zetmeel, klei en enkele chemische additieven. De laatste jaren kennen een enorme toename in het gebruik van calciumcarbonaat als vulmiddel en coating, wat een effect heeft op het waterhergebruik en de samenstelling van het afvalwater.

→ Energie

De pulp- en papierindustrie is over het algemeen een erg energie-intensieve sector. De energievraag vertegenwoordigt ongeveer 20 % van de productiekosten (Cobelpa, 2012). De productie van 1 ton papier vereist gemiddeld ongeveer 11.5 GJ primaire energie, afhankelijk van de gebruikte inputmaterialen en vezels, de papierkwaliteit en de toegepaste technieken (BREF P&P, 2013). Het droge gedeelte is verantwoordelijk voor meer dan 50% van het totale energiegebruik in de papier- en kartonindustrie (KCPK, 2013).
Het merendeel van de papierbedrijven beschikt evenwel over warmtekrachtkoppelinginstallaties, die op een efficiënte manier elektriciteit en warmte produceren. Het productieproces van chemische pulp via het kraft proces is zo bv. energetisch zelfbedruipend: de energie die vrijkomt door verbranding van de lignine uit de black liquor wordt via WKK in het proces hergebruikt.

→ Water

De papiersector is een belangrijke watergebruiker. Dit water wordt vooral ingezet als hulpmiddel om de vezels in suspensie te brengen en te verpompen, en wordt intern mits enkele zuiveringsstappen zoveel mogelijk gerecycleerd. Het gaat voor meer dan 95% om oppervlaktewater (Cobelpa, 2012).

Tijdens het productieproces komen vooral zwevende stoffen en organische bestanddelen - de vezels afkomstig uit het hout en oud papier – en sommige chemische additieven als chelaatvormers (EDTA, DTPA) in het water terecht (BREF P&P, 2013). Het afvalwater dat om kwaliteitsredenen of technische problemen (bv. neerslag, corrosie van de leidingen) niet meer in het proces gebruikt kan worden, wordt gewoonlijk op de site behandeld met aangepaste zuiveringstechnieken (bezinken, anaerobe en aerobe behandelingen, enz.).

→ **Lucht**

Het belangrijkste aandeel van de luchtemissies door de productie van pulp en papier, zijn afkomstig van de energieproductie op de site. In geval van aardgas gaat het vooral om emissies van CO_2 en stikstofoxide (NOx). Bij stookolie, steenkool of biomassa, zijn ook de uitstoot van zwaveloxide (SOx) en stofdeeltjes onder controle te houden met rookgasbehandelingstechnieken en elektrostatische filters.
Op vlak van procesemissies gaat het voor het kraft procedé vooral om NOx, SOx en stofdeeltjes afkomstig van de regeneratieketel. De SOx-uitstoot is intussen sterk gedaald door het concentreren van de 'black liquor' in het proces.

→ **Afval**

Naast preventiemaatregelen om aan de bron afval te vermijden, hebben de bedrijven belangrijke optimaliseringen doorgevoerd om vezels te recupereren tijdens het productieproces zelf. In 2010 vond in de Belgische papiersector 95 % van de afvalstoffen een nuttige bestemming en belandde slechts 12 kg afval per ton geproduceerde pulp en papier op de stortplaats.

Voor de vier belangrijkste afvalstromen (Cobelpa, 2012):

- cellulose - en papierschuim (24%), afkomstig van de zuiveringsinstallaties: hoofdzakelijk gevaloriseerd als bodemverbeteraar in de landbouw
- as (20 %) afkomstig van thermische processen: hoofdzakelijk gevaloriseerd als bouwmateriaal
- recyclageresidu 's (43 %) afkomstig van het gebruik van oud papier: meer en meer energetisch gevaloriseerd op de site
- schors (7 %) afkomstig van het ontschorsen van hout: hetzij intern gevaloriseerd voor energiedoeleinden, hetzij in de landbouw /compostering.

De hoeveelheid bijproducten en afvalstoffen geproduceerd per ton papierpulp en papier, nam weliswaar met 78 % toe tussen 1990 en 2010, hoofdzakelijk te wijten aan een stijgend gebruik van onzuiver, oud papier in de productie.

2.5. RECYCLAGE VAN PAPIER – ONTINKTEN

2.5.1. INPUT: OUD PAPIER

Oud papier komt hoofdzakelijk van:

1) snijverliezen en ander papierafval van drukkerijen en verpakkingsbedrijven
2) commerciële bronnen zoals supermarkten en andere bedrijven, overschotten bedrukt papier (onverkochte kranten en magazines bv.)
3) oud papier van huishoudens en vergelijkbaar

Gemeentelijke of privéinzamelaars zorgen voor de ophaling van oud papier en karton. Sortering gebeurt gewoonlijk door gespecialiseerde privéorganisaties en volgens de 'Europese lijst voor standaard kwaliteiten van gerecycleerd papier en karton', nu Europese Standaard EN 643. Deze lijst geeft een algemene beschrijving van 57 standaard types van papier voor recyclage, en vermeldt daarbij ook in beperkte mate het toegelaten gehalte aan onzuiverheden. Zo zit huishoudelijk papierafval vervat in type 1.11 'gesorteerd grafisch papier voor ontinkting' dat gedefinieerd wordt als 'gesorteerd grafisch papier van huishoudens, kranten en magazines, elk met een aandeel van minimum 40%. Het percentage niet-ontinktbaar papier en karton zou na verloop van tijd gereduceerd moeten worden tot een maximum van 1,5%. Het werkelijke percentage dient onderhandeld te worden tussen koper en verkoper.'

Elementen die de recyclage kunnen verstoren, zoals plastics, hout, metaal en bepaalde types papier en karton, worden afhankelijk van het toegelaten percentage en de gerelateerde prijs zoveel mogelijk verwijderd voor levering aan het papierbedrijf.
Papierbedrijven zelf beschikken gewoonlijk ook over enige sorteringstechnologie, en die bepaalt mee de accepteerbare graad van vervuiling. Levering van oud papier kan in bulk of verpakt in balen.

Het geleverde papier wordt geïnspecteerd en de samenstelling gecontroleerd. Op basis daarvan bepaalt het bedrijf in welke verhouding de verschillende leveringen gemengd dienen te worden. De samenstelling van het oud papier ligt best zo dicht mogelijk bij het gewenste eindresultaat: voor magazinepapier bv. wordt dus best zoveel mogelijk magazinepapier als grondstof gebruikt. Het uiteindelijke inputmateriaal is natuurlijk het resultaat van een kosten en kwaliteitsafweging.

Een transportband brengt de gepaste menging dan richting pulper. Het getransporteerde materiaal ondergaat meestal eerst nog een geautomatiseerde fysische scheiding, op basis van eigenschappen zoals formaat, stijfheid, kleur, samenstelling en gewicht van papier en andere componenten. Zo zijn er ballistische afscheiders, spikes, of meer geavanceerde technieken zoals optische sensoren, gecombineerd met blazers, robots, enzovoort. Op die manier kunnen onder andere plastics en karton verwijderd worden. Nadien vindt dikwijls nog een handmatige sortering plaats om overblijvende ongewenste componenten te verwijderen, alvorens de transportband de pulper bereikt.

2.5.2. VERPULPEN EN ZUIVEREN

De pulper vermengt het oud papier met water en door mechanische en hydraulische agitatie komen de vezels in suspensie. Ontinkting begint gewoonlijk al in dit stadium. De vezels zwellen, de inkt komt los en breekt af in kleinere deeltjes. Voor productielijnen waarbij ontinkting aan de orde is, zoals grafisch papier, tissues en hygiënisch papier voegt men gewoonlijk hier chemicaliën als NaOH en natriumsilicaat toe, zodat de inkt gemakkelijker loskomt van de vezels en in dispersie blijft. Ook bleekmiddelen zoals H_2O_2 worden veelvuldig gebruikt.
Er zijn verschillende types van pulper op de markt (medium consistentie, hoge consistentie, trommelpulper, continu of in batch etc.) aangepast aan uiteenlopende types inputmateriaal en eindproducten. Steeds is een of andere vorm van vuilvanger of zeef voorzien om het grove en fijner niet-papierafval (plastics, hout, nietjes e.d.) te verwijderen

Nadien volgt een verdere mechanische afscheiding van onzuiverheden op basis van verschillen in deeltjesgrootte (zeven) of dichtheid (hydrocyclonen of *cleaners*) tussen vezel en contaminant.

Verder kan men afhankelijk van het gewenste eindresultaat nog installaties voor fractionering, raffinage (zie 2.4.3) of dispersie toevoegen. Dispersie gebeurt vooral om duidelijk zichtbare vuilvlekken te verkleinen, maar kan ook de vezelbinding in het geproduceerde papier verbeteren.

2.5.3. ONTINKTEN EN VERWIJDEREN KLEEFSTOFFEN

Een specifieke ontinktingsinstallatie is nodig in bedrijven die papiertypes produceren waarvoor helderheid (*brightness*) belangrijk is bv. krantenpapier, magazinepapier, print- en schrijfpapier, tissue of karton met een lichte bovenlaag. Stora Enso in Gent is het enige Belgische bedrijf dat over een ontinktingsinstallatie beschikt. Het bedrijf produceert krantenpapier en magazinepapier op basis van 100 % gerecycleerde vezels.

De bedoeling van een ontinktingsinstallatie is het verbeteren van de helderheid, en het verminderen van de hoeveelheid vuildeeltjes afkomstig van inktpartikels (*specks*) en zogenaamde *stickies* in het eindresultaat. *Stickies* zijn plakkerige opeenhopingen van gedispergeerde of opgeloste hulpstoffen, zoals lijmen, papier-coating binders, coatings, vernissen en bepaalde bestanddelen van drukinkt. Ze kunnen op eender welke plaats in de papiermachine gevormd worden en gaatjes of zelfs papierbreuk veroorzaken als ze op het papierdoek blijven liggen, of vuile vlekjes als ze aan het papier zelf kleven. De beste manier om ze te verwijderen is door middel van mechanische zeven. Goede resultaten zijn enkel mogelijk bij relatief grote *stickies*, dikwijls gevormd uit dikke lijmlagen. Kleine exemplaren passeren door de zeven en kunnen afhankelijk van de procescondities nadien terug agglomereren en problemen veroorzaken.

Met het doel van ontinkting voor ogen voegt men, zoals gezegd, reeds in de pulpfase chemicaliën zoals NaOH en natriumsilicaat toe, zodat het proces gewoonlijk in (licht) alkalisch milieu plaatsvindt. Na de mechanische zuiveringsstadia, vindt een verdere ontinkting plaats in flotatiecellen. Flotatie is het meest gebruikte ontinktingssysteem in heel Europa. Kleine luchtbellen worden doorheen de pulpsuspensie geblazen. De meeste inktsubstanties hebben een groter affiniteit voor de lucht dan door de waterfase. Geholpen door oppervlakte-actieve substanties (zepen of vetzuren, andere surfactanten) verzamelen de gekleurde substanties op de rand van de luchtbellen en verdwijnen zo uit de pulpsuspensie. Het grijsachtige schuim dat bovenaan de flotatiecel ontstaat, wordt ‘afgeroomd’. Het bevat een mengeling van drukinkt, vulstoffen, papier-coatingpigmenten en vezelfragmenten. Om vezelverliezen te beperken, wordt het schuim van primaire flotatiecellen dikwijls verder behandeld in secundaire nageschakelde cellen. Om een voldoende verblijftijd en ontinkting te verzekeren, kunnen, afhankelijk van het formaat van de flotatiecellen, verschillende cellen in serie geschakeld worden. Flotatie werkt optimaal voor inktpartikels tussen de 20 en de 100 µm. Voor grotere of kleinere partikels zijn andere technieken of additieven aan de orde.
Het ontinktingsslib wordt ontwaterd en in de meeste bedrijven verbrand of voorbereid voor andere nuttige toepassingen.

→ Moeilijkheden

De eenvoud van het hele ontinktingsproces is sterk afhankelijk van het inkttype, het papieroppervlak, de afdruktechniek en –condities en de leeftijd en bewaring van het drukwerk. Het flotatieproces werd ontwikkeld en geoptimaliseerd voor diepdruk en offset krantenpapier en magazines. Zulk drukwerk ondervindt daarom over het algemeen de minste moeilijkheden.
Problemen bij de flotatie kunnen ontstaan door:

1) Het onvoldoende loskomen van de inkt van de vezels, zodat de inkt niet in suspensie komt en dus ook niet meegenomen wordt met de luchtbellen, met de vorming van *specks* (vuildeeltjes) als resultaat
2) Resistente inktdeeltjes die te groot zijn voor flotatie, in de pulpmassa blijven zitten en *specks* vormen
3) Verregaande fragmentatie van de inkt, waardoor de deeltjes te klein zijn voor flotatie
4) Wateroplosbare kleurstoffen of weinig hydrofobe inkten, die geen affiniteit hebben met de luchtbellen en dus in de waterige pulpmassa achterblijven

Elk van deze problemen kan gelinkt worden aan specifieke inkten of papier-inktcombinaties, bewaringscondities en printtechnieken (Carré *et al.*, 2001; Dorris *et al.*, 2011; ERPC, 2009; Shiller *et al.*, 2012; Xeikon; 2012):

1) Het onvoldoende loskomen van de inkt is een typisch probleem voor verouderde inkten. Kranten gedrukt op niet-gecoat papier met offsettechnieken zijn normaal gezien vlot ontinktbaar tot een leeftijd van 2 à 3 maanden. Nadien kunnen sommige inktcomponenten, afhankelijk van de formulering en bewaring, oxideren en zich sterker aan de vezels hechten. Bepaalde niet-gesatureerde plantaardige oliën en sommige harsen die ook gebruikt worden voor minerale oliën blijken hiervoor speciaal gevoelig. Vellenoffset inkt is nog vatbaarder voor dit probleem, omdat de inktformulering net ontwikkeld is om tijdens het printproces al te oxideren. Een goede keuze van de inktcomponenten kan het oxidatiemechanisme wel vertragen.
   Het heatset proces zorgt door de hoge temperaturen voor een nog snellere oxidatie van sommige inktcomponenten (artificiële veroudering), zodat zelfs onmiddellijk of enkele weken na het drukken al een sterke hechting van de inkt aan de vezels plaatsvindt. Additionele kneed- of dispersiestadia zijn dan nodig om deze hechting te doorbreken en de inktpartikels te verkleinen.
   Een gelijkaardig ontinktingsprobleem doet zich voor bij droge tonerinkten, zoals deze gebruikt in laserprinters of fotokopieertoestellen. Ze hechten zich sterk aan het papier door polymerisatie (Carré *et al.*, 2001; Carré & Galland, 2007, Dorris *et al.*, 2011). Intussen zijn er echter tonerinkten ontwikkeld, waarbij de styreen of acrylaatpolymeren die de pigmenten aan het papier binden een zekere graad van broosheid vertonen, zodat ze tijdens het verpulpen terug opsplitsen in kleinere hydrofobe partikels die gemakkelijk te verwijderen zijn via flotatie (Xeikon, 2012, ERPC, 2009). Ook de nieuwe generatie vloeibare toners zouden minder grote *specks* veroorzaken, zodat een extra dispersie en flotatiestap hen uit de pulp kan doen verdwijnen (Dorris *et al.*, 2011).
   Bij papier voorzien met een coating is er geen rechtstreekse hechting tussen inkt en vezels en kan de inkt gemakkelijker loskomen. Veroudering zou dan zelfs een positief effect kunnen hebben, omdat de oxidatie van de inkt het loskomen van de binding tussen inkt en coating bevordert (Carré *et al.*, 2001). De coating zelf kan wel problemen veroorzaken door de vorming van *stickies*. Een sterke binding tussen inkt en coating kan ook aanleiding geven tot *specks* (Carré & Galland, 2007).

2) Met UV of IR-straling hardende inkten en vernissen vormen grote, resistente *specks* die soms door extra dispersie en kneden kunnen verkleinen. Gewoonlijk blijven ze echter duidelijk zichtbaar in het eindresultaat. Rauh & Schiller (2009) tonen aan dat vooral de keuze van het acrylaat en het vormingsproces van de polymeren (ketenlengte en aantal cross-links) de ontinktbaarheid van UV-inkten sterk beïnvloeden. Mits een goede formulering moet het mogelijk zijn om beter ontinktbare versies te ontwikkelen, maar daarvoor is verder onderzoek nodig.

3) In het geval van flexodruk voor kranten is de binder oplosbaar in het licht alkalische milieu van de pulper. De kleine pigmentdeeltjes komen vrij en zijn niet vatbaar voor flotatie. Omdat zulke kranten vooral in Italië en het Verenigd Koninkrijk gedrukt worden, wordt inputmateriaal met die herkomst bij ons vermeden.

4) Inkjet inkten zijn wateroplosbaar, dus de pigmenten en kleurstoffen komen vrij in de pulper, zijn niet te verwijderen met flotatie en kunnen zo de hele pulpmassa kleuren. Voor pigmentgebaseerde inkjet inkten blijkt het probleem sterk afhankelijk van het gebruikte papiertype en in de meeste gevallen weinig dramatisch, zelfs met niet-gecoat papier. Tot een aandeel van ongeveer 30% van het inputmateriaal zou dit inkttype geen problemen mogen geven (Schiller *et al.*, 2012). Nieuwe pigmenten die coaguleren of samenblijven na het drukken, worden volop ontwikkeld. Zulke aggregaten zouden voldoende groot en hydrofoob zijn om via flotatie te verwijderen. Voor kleurstofgebaseerde inkten is nog niet direct een oplossing in zicht, uitgenomen integratie van extra wasstappen in het papierproductieproces (zie ook verder 'nieuwe inkten met verbeterde ontinktbaarheid', §2.6.2). Ze zijn soms wel te elimineren met reductieve bleking (zie verder) of toevoeging van kationische polyelektrolieten, maar blijken over het algemeen zelfs bij een aandeel van minder dan 10 % problemen te veroorzaken. Verder kunnen ook rode pigmenten en kleurstoffen gebruikt in offset en diepdruk een vergelijkbaar probleem veroorzaken (*bleeding* genaamd). Ook dat fenomeen is grondig onderzocht en er is nog geen oplossing uit de bus gekomen.

Vele van de bovenvernoemde moeilijkheden zijn dus in min of meerdere mate op te lossen in extra productiestappen.

2.5.4. DISPERSIE

Met een disperser kunnen onzuiverheden zo verkleind worden dat ze onzichtbaar zijn voor het blote oog. Dispersie kan ook het losmaken van de inkt bevorderen. Het is een energievereisend process, omdat het sterke wrijvingskrachten en hoge temperaturen vereist. De consistentie van de pulp moet hiervoor toenemen van 5-12 % droge stof in de flotatiecel tot 25-30 %. Na de dispersie wordt de pulpsuspensie terug verdund, gewoonlijk voor een tweede flotatiecyclus. Veel moderne Europese ontinktingsbedrijven, zoals dat van Stora Enso in Gent, hebben daarom twee flotatiecycli (voor- en naflotatie), met tussenin een disperser en eventueel extra zuiveringsinstallaties (een zeef of een hydrocycloon). Water van de ontwateringsstadia kan gezuiverd worden met een micro-flotatie-eenheid en in het proces hergebruikt.

2.5.5. WASSEN

Inktpartikels die kleiner zijn dan de optimumrange voor flotatie kan men uitspoelen in verschillende wasstadia. Naast inkten verwijdert een wasser ook vulstoffen en vezels. Een wasstadium verbruikt veel water (in de mate van het mogelijke intern gerecycleerd met een aparte flotatiecel) en leidt tot hoge vezelverliezen. Om economische redenen is het dus een te vermijden productiestap waar mogelijk.

2.5.6. BLEKEN

Sommige pigmenten en kleurstoffen kan men elimineren door bleking. Oxidatieve bleking met H_2O_2 kan al starten tijdens het verpulpen. Reductieve bleking met hydrosulfiet of

formamidinesulfinezuur gebeurt na de flotatie in een bleektoren. Bleking kan ook plaatsvinden in twee stadia: eerst een oxidatieve bleking, gevolgd door een reductieve na-bleking.

2.5.7. MILIEUASPECTEN

Verschillende LCA studies (bv. Vercalsteren & Dils, 2012; Bousquin *et al.*, 2011) tonen aan dat de grootste milieuimpact van drukwerk ligt bij het productieproces van papier. Johnsen *et al.* (2006) kijken meer in detail naar het chemicaliënverbruik en zij concluderen dat de papierproductie, met 31% van de totale milieuimpact op de tweede plaats komt na het drukproces. Andere LCA-studies stellen vast dat papierrecyclage het totale energieverbruik met 20 tot 60% vermindert ten opzichte van de productie van papier basis van verse vezels. Daarnaast neemt ook het verbruik van water, kalk, carbonaten, titanium dioxide af en worden sommige specifieke emissies naar lucht en water vermeden. (Villanueva, A. & Eder, P., 2011)
Deze voorbeelden uit de levenscyclusanalyse wijzen op het belang van een nadruk op papierrecyclage voor het beperken van de milieu-impact van de hele drukwerkketen.

Vanzelfsprekend is de milieu-impact van het hele papierrecyclageproces lager wanneer er minder processtappen nodig zijn. Bedrijven zonder ontinktingsinstallatie zullen minder energie en hulpstoffen gebruiken, en minder vezels verliezen dan bedrijven met zulke installatie. Eenzelfde vaststelling gaat op voor eenvoudige ontinktingsinstallatie met slechts één flotatiecyclus ten opzichte van een installatie die volledig uitgerust is voor het verwijderen van moeilijke inkten met twee flotatiecycli, een dispersie, eventueel een wasstap tussenin en een dubbele bleking. Een goede afweging van te verwachten kwaliteit van het inputmateriaal en de benodigde eindkwaliteit, ten opzichte van de mogelijk toe te passen ontinktingstechnieken is dus essentieel voor optimalisatie van milieuimpact en economie.

Een betere inzameling en sortering van oud papier geeft, naast een betere kwaliteit van het eindproduct, ook een lager verbruik van energie, water en hulpstoffen en een beperktere totale afvalproductie.

→ Grondstoffen

Met gerecycleerd papier als grondstof vermindert het verbruik van verse vezels. Recyclage heeft weliswaar beperkingen: niet elke papiersoort is recycleerbaar (bv. hygiënisch papier, tissues) of beschikbaar voor recyclage (bv. boeken, foto's). Zo zou 19 % van de papierproductie zich niet lenen tot recyclage (ERPC, 2011). Vezels kunnen ook niet oneindig lang gerecycleerd worden. De houtvezels verkorten bij elke recyclagecyclus en zouden, naargelang de soort vezels en het papiertype, 2-5 keer (Cobelpa, 2012) hergebruikt kunnen worden. Een inbreng van verse vezels in de globale papiercyclus is dus noodzakelijk. Hoewel de hoeveelheid inkt in de pulpmassa voor ontinkting gemiddeld slechts 2 % bedraagt, ligt de opbrengst van ontinkte pulp slechts tussen de 75 en 85 %. Dit omdat naast de inkt ook lijmen, vulstoffen en vezels tijdens het proces verwijderd worden. Door de toegenomen papierrecyclage zitten er steeds minder verse vezels in het papier, wat de hoeveelheden vezels die met het ontinktingsslib afgevoerd worden, doet toenemen (ERPC, 2008, Stora Enso, 2013).

Het gebruik van grondstoffen en hulpstoffen kan beperkt worden door een weloverwogen keuze van de procescondities en -stappen. Zo is er een trend om minder tot geen NaOH te gebruiken bij het verpulpen, wat naast een gereduceerd verbruik van NaOH en zuren verderop in het proces, ook een positief effect zou hebben op de ontinktbaarheid van flexoinkten. Vezels worden zoveel

mogelijk gerecupereerd door verschillende nageschakelde flotatie- en zevingstappen. Eindproducten die weinig vulstoffen en geen coating vereisen brengen vanzelfsprekend een lager verbruik van $CaCO_3$ en andere hulpstoffen met zich mee.

→ Energie

Omdat de secundaire vezels al eens een pulpbereidingsproces hebben doorlopen, is de energievraag van het productieproces van gerecycleerd papier beduidend lager dan dat van papier op basis van verse vezels. Stora Enso Langerbrugge geeft bv. aan dat het totale energieverbruik twee- tot driemaal afgenomen is sinds ze overgeschakeld zijn naar een productie op basis van louter gerecycleerd papier (Stora Enso, 2013).

Het energieverbruik is ook hier sterk afhankelijk van de gebruikte installaties. Machines met een hoog energieverbruik zijn onder andere low density pulpers, dispersers, raffinageinstallaties en installaties voor de productie van coating. 'Standaard' ontinkte pulp zou zo een 300-350 kWh/ton verbruiken, hoge kwaliteit ontinkte pulp (inclusief peroxide bleking en secundaire flotatie) een 400-500 kWh/ton. Een extra flotatiestap verbruikt gemiddeld 30 kWh/ton energie. Een dispersiestap een 60-100 kWh/ton. (BREF P&P, 2013)

→ Water

Proceswater wordt in de mate van het mogelijke intern gezuiverd via (micro-)flotatie, filtratie, e.d., en hergebruikt. Zo heeft een systeem met twee flotatiestappen bv. gewoonlijk twee gescheiden waterkringlopen, om contaminatie te vermijden: de eerste loopt van pulper tot indikkingsstadium voor dispersie, de tweede eindigt aan het indikkingsstadium voor (secundaire) bleking. De toename in het gebruik van $CaCO_3$ als vulstof en coating zorgt voor moeilijkheden bij de interne waterrecyclage, met name door neerslag in de leidingen en machines. Een extra gecontroleerde precipitatiestap (BBT, zie BREF P&P, 2013) of toevoeging van precipitatieinhibitoren kan dit probleem oplossen.

Een hoger aandeel oud papier geeft normaal gezien een hogere COD belasting van het afvalwater. Ontinkting kan ook aanleiding geven tot het voorkomen van zware metalen (hoofdzakelijk Cu en Zn) en cyaniden in het afvalwater (BREF P&P, 2013; Stora Enso, 2013).

2.6. ONTWIKKELINGEN EN OPPORTUNITEITEN IN DE KETEN

2.6.1. GLOBALE ONTWIKKELINGEN

→ Wijziging samenstelling oud papier

CEPI (*Confederation of European Paper Industries*) verwacht door demografische en sociale evoluties tegen 2050 een enorme stijging in de vraag naar papier en karton op wereldniveau, van zo'n 250 naar 750 miljoen ton (CEPI, 2011). In Europa zou de totale vraag ongeveer constant blijven. Maar door maatschappelijke evoluties als vergrijzing, hogere hygiënische vereisten en IT ontwikkelingen wijzigt de samenstelling van het papierverbruik, en dus ook van het beschikbare oud papier.

Aan de ene kant is er is een sterke daling in de aankoop van kranten en magazines, en dat zijn net de papiertypes die het eenvoudigst te ontinkten zijn met de huidige methoden. De productievolumes van diepdruk, heatset en coldset dalen (Schiller *et al.*, 2012). Tegelijkertijd worden kranten en ander drukwerk gedrukt op steeds dunner papier met meer kleuren en een dikkere laag inkt. Dit leidt tot een ongunstigere verhouding papier/inkt voor ontinkting.
Aan de andere kant stijgt de verkoop van tissues en hygiënisch papier, papiersoorten die niet voor recyclage in aanmerking komen. En de hoeveelheid bedrukt kantoorpapier, meestal afkomstig van fotokopieertoestellen, laser of inkjet printers, groeit met zo'n 20% per jaar (ERPC, 2008).
Door de toegenomen inzamelingsinspanningen neemt ook de vervuilingsgraad van het ingezamelde papier toe. Karton en papier worden in Vlaanderen samen ingezameld bij de huishoudelijke afvalproducenten. Karton is echter door het hoge gehalte aan lijmen en een mengeling van verschillende inkten niet bruikbaar voor recyclage als grafisch papier.

→ Toenemende export vezels

De biogebaseerde economie boomt, dus de concurrentie om hernieuwbare grondstoffen als hout stijgt. De wereldwijde vraag naar vezels neemt daarom ook toe. België en Europa leveren zware inspanningen voor selectieve inzameling van papier en karton, om de vezelbevoorrading voor de papierindustrie te verzekeren. Door de toenemende export van oud papier naar landen als China verwacht Cobelpa (2012) een negatief effect op beschikbaarheid en de prijs in België. Op dit moment wordt om de 2 maanden 1,2 miljoen ton oud papier geëxporteerd. Intussen blijkt de beschikbaarheid van kwalitatief oud papier vooral in de zomermaanden reeds een probleem te vormen. De papierprijs heeft ook sinds 2010 een continu hoog niveau bereikt. (Stora Enso, 2013)

2.6.2. TECHNISCHE ONTWIKKELINGEN: DRUKINKTEN

→ Plantaardige inkten

Plantaardige inkten bieden het voordeel dat de olie in de inkt van hernieuwbare oorsprong is. Er bestaat discussie over de term vegetale of plantaardige inkten, soms ook bio-inkt of eco-inkten genoemd. Sommige leveranciers spreken reeds van een vegetale inkt indien slechts een deel van de minerale oliën is vervangen door plantaardige oliën (vanaf ca. 20%).

In een studie van Roy et al. (2007) werd het gebruik van conventionele (minerale oliën) en plantaardige inkten geëvalueerd in vellenoffset. De kwaliteit van drukwerk werd begroot op basis van verschillende eigenschappen van de inkten en het bedrukte papier (bv. densiteit en viscositeit). Hieruit blijkt dat bij het gebruik van plantaardige inkten, waarbij de minerale oliën volledig vervangen zijn door plantaardige oliën, het drukwerk een vergelijkbare kwaliteit behaalt in vergelijking met conventionele offset inkten.

Echter, plantaardige inkten zijn geen optie voor alle drukprocessen, en kunnen momenteel enkel in vellenoffset procedés worden toegepast (zie verder). Deze beperking sluit automatisch de heel grote en de heel kleine oplagen uit. Bovendien is er geen milieuwinst voor wat betreft VOS-emissies, aangezien vellenoffset-inkten geen aanleiding geven tot dergelijke emissies. Het is pas bij sterke verhitting, zoals gebeurt tijdens het heatset procedé, dat de olie verdampt en VOS-emissies veroorzaakt. Ook hechten deze inkten zich door oxidatie bij veroudering sterker aan de papiervezels, wat nadien het papier-recyclageproces kan bemoeilijken (Febelgra, 2010). Er bestaan intussen evenwel plantaardige inkten waarvan de oliën minder snel oxideren bij veroudering, en

die dus aanleiding geven tot een vergelijkbare ontinktbaarheid als de klassieke minerale inkten. Bovendien blijkt ook het gebruikte hars de oxidatiesnelheid sterk te beïnvloeden. Nieuwe formuleringen met andere harsen kunnen, zowel bij vegetale als bij minerale inkten, een sterk verbeterde ontinktbaarheid met zich meebrengen. (Carré *et al.*, 2001)

De keuze voor een plantaardig bindmiddel (olie) wordt niet alleen gemaakt vanuit milieu-oogpunt, maar ook op basis van de technische voordelen die een dergelijke inkt de gebruiker biedt. Een inkt op basis van een plantaardig bindmiddel kan in vergelijking met een op minerale olie gebaseerde inkt meer vocht opnemen. De speelruimte in inkt-vochtbalans is met een plantaardige inkt groter, wat voordelen biedt bij bijvoorbeeld een kleine afname en alcoholgereduceerd of alcoholvrij drukken (afstellingen van de drukpers en vochtbalans). Daarnaast ligt de temperatuur waarbij het bindmiddel verbrandt onder invloed van hitte, in bijvoorbeeld een laserprinter, ca. 20°C hoger bij een plantaardige dan een op minerale olie gebaseerde inkt en wordt de geur die bij deze verbranding vrijkomt als minder hinderlijk ervaren (EcoDrukkers, Catapult).

Uit studies en rapporten blijkt duidelijk dat het gebruik van plantaardige inkten enkel bij (vellen)offset succesvol kan worden toegepast. Leveranciers geven echter aan dat vegetale inkten technisch gezien evengoed ook voor andere druktechnieken kunnen worden gebruikt.

Mogelijke knelpunten waarom deze inkten weinig ingang vinden bij andere druktechnieken:

- technisch: afstelling van drukproces nodig
- onzekerheid over globale milieuimpact: afkomst grondstoffen, mogelijke problemen bij het ontinkten, …
- financieel: hogere kostprijs, investering
- Mentaliteitswijziging
- …

Er dient de nodige aandacht te worden besteed aan mogelijke migraties van componenten uit de inkten naar voedingswaren. Het vervangen van de minerale oliën door plantaardige alternatieven kan mogelijk ook een voordeel bieden op vlak van migratie van de minerale componenten uit gerecycleerd papier en karton naar levensmiddelen (zie kadertekst migratie uit drukinkten).

Migratie uit drukinkten

Bij de bedrukking van verpakkingen gebruikt voor levensmiddelen dient er extra aandacht worden besteed aan mogelijke migraties van componenten uit de inkten naar de voedingswaren. Op dit moment is er geen EU-wetgeving die specifiek het gebruik van inkten in levensmiddelenverpakkingen reguleert. Ze moeten echter wel voldoen aan de algemenen veiligheidscriteria en andere wettelijke bepalingen omtrent materialen die in contact komen met levensmiddelen.

Afhankelijk van de druktechniek, type inkt, type verpakkingsmateriaal, bewaarcondities, etc. kan migratie van laag moleculaire componenten uit drukinkten (bv. foto-initiatoren, acrylaat monomeren, ftalaten, organische solventen) plaatsvinden. Een aantal incidenten hebben in het verleden de hoge kans op migratie van foto-initiatoren reeds aangetoond. Dit resulteerde in de ontwikkeling van veiligere, maar duurdere laagmigrerende inkten die relatief meer hoog moleculaire componenten bevatten. De hogere prijs van deze inkten is te wijten aan de duurdere grondstof en hogere productiekosten.

Naast de migratie van componenten uit de inkt zelf, wordt sinds enkele jaren ook veel aandacht besteed aan migratie van minerale oliën uit gerecycleerd papier en karton. Recent publiceerde het EFSA (European Food Safety Agency) een wetenschappelijke opinie omtrent deze minerale oliën (MOH, mineral oil hydrocarbons) en werden de belangrijkste bronnen van deze oliën in voeding geïdentificeerd: verpakkingsmateriaal van gerecycleerd papier en karton, inkten, additieven in de productie van plastics, lijmen in verpakkingsmateriaal en wassen. Sommige minerale oliën kunnen verwijderd worden tijdens het recyclageproces, hoewel de meeste in de vezel blijven en aanleiding kunnen geven tot migratie uit het gerecycleerde materiaal. De onderzoeksgroep nutriFOODchem werkt op dit moment in hat kader van een IWT-TETRA project rond de karakterisering van bedrukte verpakkingsmaterialen (papier/karton en kunststoffen) voor levensmiddelen: organoleptische en migratie-aspecten. Hierbij worden zowel de vluchtige als de migrerende componenten van onbedrukte en bedrukte papier en kunststof levensmiddelenverpakkingen geanalyseerd. Op deze manier wordt meer informatie over zowel de voedselveiligheid als over de afwijkingen op de sensoriek bekomen. Dit kan ook helpen bij het zoeken naar de oorzaak van mogelijke problemen (Flanders' FOOD, 2013; nutriFOODchem, 2013). Op EU-niveau gebeurt verder ook onderzoek naar technieken voor het verbeterd verwijderen van minerale oliën tijdens het recyclageproces van papier (ERPC, 2012).

→ **UV-drukinkten / HS-UV**

UV-inkten kunnen bij zowel flexo, diepdruk, zeefdruk als digitaal drukken gebruikt worden en dit op steeds meer toepassingen, bv. op papier en karton, kunststoffen, hout, metalen. Bij het gebruik van UV-inkten vindt de droging van de inkt plaats doordat bepaalde componenten in de inkt (monomeren) onder invloed van UV licht reageren en een polymerisatie initiëren. Hierdoor kan de uitharding van de inkt snel en volledig gebeuren. Het gebruik van UV-inkten biedt nog een aantal andere voordelen ten opzichte van conventionele (solvent) inkten: er kan een hogere glans bereikt worden, er treedt geen verdamping op van VOS (en geurproblemen), er is geen nood aan een naverbrander, globaal gezien is er minder inkt nodig voor een zelfde resultaat, er is meer hergebruik van resten mogelijk omdat de inkten lang goed blijven zonder onmiddellijk uit te harden.

Mogelijke knelpunten en nadelen waarom deze UV-inkten moeilijk ingang vinden bij verschillende druktechnieken:

- technisch: afstelling van drukproces nodig
- onzekerheid over globale milieuimpact: afkomst grondstoffen, problemen bij het ontinkten (zie 2.5.3), …
- financieel: hogere kostprijs, investering voor de aanpassing van machines
- Mentaliteitswijziging
- UV eist meer technische ondersteuning: specifieke oplossingen voor specifieke toepassingen
- UV-acrylaten kunnen irritatie aan de huid en ogen veroorzaken (enkel in natte vorm), zowel bij productie als gebruik. De nodige beschermingsmaatregelen zijn hiervoor nodig.
- Gebruikt van UV-licht: kans op blootstelling bij oude persen, bij nieuwe persen is dit wel volledig ingesloten.
- Er is een afzuiginstallatie voor de geproduceerde ozon nodig. Er zijn ook al ozonarme UV lampen beschikbaar (hoeveel geproduceerde ozon is afhankelijk van de lamp en het spectrum). Er kan ook gebruik gemaakt worden van led-UV: hierbij zijn er geen ozon of kwik problemen meer en stijgt de levensduur stijgt (ook de kostprijs).

Een recente ontwikkeling (2010) op het vlak van UV-inkten zijn de **HS-UV-inkten (High sensitive UV-inkten)**. HS-UV inkten zijn hoogreactieve en extra krachtig gepigmenteerde UV inkten. Deze inkten zouden slechts 25% à 33% van de normale UV-lamp energie nodig hebben om volledig te polymeriseren. Ten opzichte van gewone UV-inkten zijn volgens de fabrikant besparingen tot 75% op energieverbruik en 10% à 20% op inktverbruik mogelijk. De HS-UV technologie maakt gebruik van een innovatieve lamp met een beperkt UV stralingsbereik (300-400nm) welke, in combinatie met nieuwe HS-UV inkten met zeer krachtige hoogreactieve fotoinitiatoren, voor een instant droog drukwerk zorgt. Dit drukwerk kan dan ook meteen verder verwerkt worden. Bij de HS-UV technologie wordt UV-straling op ozon verwekkende en hitte verwekkende golflengtes vermeden. Ten opzichte van standaard offset bekomt men veel kortere doorlooptijden en een unieke wrijfvastheid op tal van substraten. Anti smet poeder is niet meer nodig en problemen zoals overzetten of vegen of carboneren worden vermeden (http://www.h-uv.be/).

→ **Nieuwe inkten met verbeterde ontinktbaarheid**

INGEDE, de internationale associatie van de ontinktingsindustrie, ontwikkelde een laboratoriummethode om de ontinktbaarheid van verschillende papier-inktcombinaties te testen. Deze methode, INGEDE Method 11, is intussen aanvaard als standaard voor de ERPC oninktbaarheid scorecard (*deinkability score*, ERPC, 2009), die op haar beurt is opgenomen in de EU-Ecolabel criteria voor drukwerk. Met het beoordelingsschema wil ERPC het eco-design van drukwerk promoten en de recycleerbaarheid ervan verzekeren. De INGEDE methode wordt regelmatig bijgewerkt. Ze test enkel de ontinktbaarheid onder standaardcondities, dit is ontinkting met een flotatiecyclus. Extra blekings-, was- en dispersiestappen worden niet meegerekend in de eindscore. Wateroplosbare inkten krijgen daarom gemakkelijk een slechte score, terwijl ze soms wel te verwijderen zijn met toevoeging van extra chemicaliën (zoals de kationische polyelektrolieten) of blekingsstappen.

Overleg en verbintenissen van de drukinktketen op Europees niveau (o.a. met de Europese Declaratie inzake Papierrecyclage), leidden tot voortgezet onderzoek voor de ontwikkeling van inkjet druksystemen met een verbeterde ontinktbaarheid. In 2010 werden 2 nieuwe inkjet druksystemen (van Xerox en Fujifilm) voorgesteld die de score ‘goed ontinktbaar’ kregen (INGEDE, 2010). Het ene systeem verlaat het pad van wateroplosbare pigmenten of kleurstoffen, en spuit gesmolten hydrofobe inkt op het papier. Die inkt lost niet op tijdens de recyclage. Het andere proces brengt net voor de inkt een bindmiddel aan op het papier. Dit bindmiddel fixeert de wateroplosbare pigmenten zo goed dat ze voldoende grote partikels vormen die met flotatie te verwijderen zijn. Een derde methode werd eerder al voorgesteld door het Japanse bedrijf KAO: het systeem brengt speciaal ingekapselde pigmenten aan, die men ook gemakkelijk uit de pulpmassa kan elimineren. Over de milieuimpact tijdens de productie van die inkten en het drukken zijn geen cijfers beschikbaar.
Onderzoek gaat volop door. In 2011 ondertekenden INGEDE en DPDA (Digital Print Deinking Alliance, een werkgroep opgericht door HP, Ricoh InfoPrint Solutions, Kodak en Océ in 2008) een intentieverklaring om samen te werken rond het onderzoek naar de ontinkting van inkjet druksystemen. Hoofddoel is het vinden van nieuwe oplossingen voor de recyclage van gecombineerde afvalstromen van analoog en digitaal drukwerk (INGEDE, 2011) om de toekomstige commerciële en milieu-uitdagingen het hoofd te bieden.

Op Belgisch niveau is er nauwelijks overleg tussen de drukinktproducenten, de grafische industrie en de papierrecyclageindustrie rond de ontinktingsproblematiek. Er is dan ook slechts één ontinktingsbedrijf, wat hen een minder gunstige onderhandelingspositie geeft.

→ **Nieuwe coatings**

Zoals eerder aangehaald kan ook drukken op papier met coating sommige ontinktingsproblemen helpen vermijden. Afhankelijk van de samenstelling van de coating kan echter stickyvorming optreden in de papiermachine, met verhoogd energieverbruik voor extra verwijderingsstappen, eventuele *downtime* van de machine, en kwaliteits- of productieverlies tot gevolg. Mogelijke oplossingen liggen in nieuwe coatingconcepten.
Andere overwegingen bij het al dan niet kiezen voor coatings om ontinktbaarheid te verbeteren:

- De productie van papier met coating vraagt extra energie bij het aanmaken van de coating (hoog energieverbruik (BREF P&P, 2013)) , het aanbrengen van de coating, de gescheiden opslag en recyclage van productie'afval'en de afvalwaterzuivering
- Verdere milieu-impacten zijn te vinden in de vaste coatingresiduen en de luchtafvoer van de coatingmachine: een goede keuze van coatingrecept is belangrijk om schadelijke emissies te vermijden. Het is opletten geblazen met acrylonitrile, formaldehyde, carcinogene bestanddelen en VOS-emissies in het geval van met organische bestanddelen gekleurde coatings. (BREF P&P, 2013)
- Verder dient opgemerkt dat in tegenstelling tot wat algemeen gedacht wordt het gebruik van een coating niet per se leidt tot minder inktverbruik. Een gelijkaardig effect op inktverbruik kan men bekomen door een verhoging van de druk van de achterste cyclinder - van 0,15 mm voor gecoat papier tot 0,25 mm voor niet-gecoat papier - bij het drukken (Stora Enso, 2013b).

→ **Gemakkelijker te verwijderen kleefstoffen**

Een tweede belangrijk probleem voor de recyclage van papier is het verwijderen van kleefstoffen, die in de loop van het proces aanleiding kunnen geven tot de vorming van *stickies*.
Ook hiervoor ontwikkelde INGEDE een test, INGEDE Method 12, die als dusdanig is opgenomen in de criteria voor het Europese Ecolabel voor drukwerk en de basis vormt voor de ERPC scorecard voor de verwijderbaarheid van kleefstoffen (*scorecard for the removability of adhesive applications,* ERPC, 2011b). Op dit moment is de labotest enkel geschikt voor het opsporen van niet-verwijderbare **onoplosbare** kleefstoffen op allerlei soorten drukwerk. Onderzoek naar alternatieve testmethodes voor herdispergeerbare lijmen is lopende. De bedoeling is om betrouwbare tools te ontwikkelen om het gedrag van een hele reeks lijmstoffen tijdens het recyclageproces te kunnen nagaan (ERPC, 2012).

2.6.3. TECHNISCHE ONTWIKKELINGEN: DRUKKEN

→ **Verschuivingen van druktechnieken: uitbereiding oplages en mogelijkheden van digitaal drukken**

Aanvankelijk was de evolutie in een drukkerij erop gericht om de bestaande technieken te optimaliseren: bv. meer drukgroepen per pers, automatische plaatwisselsystemen, meet- en controleapparatuur. Vanaf het begin van de jaren '90 werd het digitaal drukken, of drukken zonder drukplaat, meer en meer toegepast. Al snel bleek deze techniek heel wat voordelen te bieden ten opzichte van conventionele druktechnieken. De machines zijn kleiner, er is geen drukvorm nodig waardoor snellere jobwissels mogelijk zijn (just-in-time) en de machine is direct met de computer verbonden. De markt van het digitaal drukken werd en wordt nog steeds alsmaar groter. Steeds meer toepassingen worden mogelijk, de inktsamenstelling verandert, de kwaliteit neemt toe. Het

digitaal drukken heeft een deel van de markt van de conventionele technieken ingenomen en kan in die zin complementair genoemd worden. Een belangrijke evolutie is dat het drukken (van kleine oplages) zich nog meer zal verplaatsen naar niet-traditionele productieomgevingen en dat de computerindustrie zich nog meer op het traditionele terrein van de gedrukte communicatie zal begeven (Mombaerts en Vossen, 2010).

Elk drukproces heeft zijn specifieke milieu-impact met adequate oplossingen, zowel de traditionele druktechnieken als digitaal drukken. Ook bij digitaal drukken is er sprake van VOS-emissies, problemen bij het ontinkten van papier bedrukt met tonerinkt of wateroplosbare inkten, en ook de eindverwerking van lege patronen en andere verbruiksgoederen moeten in overweging worden genomen. Hoewel het papierverbruik/ papierafval lager is, is het drukken van kleinere oplagen met digitale technologie daarom niet automatisch de meest duurzame optie (Febelgra, 2010).

2.6.4. TECHNISCHE ONTWIKKELINGEN: PAPIERPRODUCTIE EN –RECYCLAGE

→ Verbeterde methoden voor ontinkting en verwijderen van kleefstoffen

De wijzigingen in de samenstelling van oud papier stellen het recyclageproces voor enorme uitdagingen. Ontinktingsinstallaties passen hun technieken aan en nemen voortdurend nieuwe machines in gebruik. Methoden om de ontinkting te verbeteren zijn volop in ontwikkeling.
Zo zou ontinkting door adsorptie aan polymeerkorrels in de pulper (Shrinner *et al.*, 2012), naast een grote water-, energie en vezelbesparing, een vergelijkbaar en voor moeilijk te verwijderen hydrofobe stoffen (bv. minerale oliën) mogelijk een helderder eindresultaat kunnen opleveren (Jamnicki & Handke, 2013). De methode werd ontwikkeld aan de Technische Universiteit van Dresden en dient nog geoptimaliseerd op vlak van onder andere recuperatiemogelijkheden van de korrels, contacttijd, pulpcondities e.d. Ze wordt op dit moment dus nog niet in de praktijk toegepast.
Verder biedt ook enzymatische hydrolyse mogelijkheden op vlak van verpulpen en ontinkten van moeilijke papier-inktcombinaties zoals inkjet- en laserdrukwerk. Veelbelovende experimenten werden uitgevoerd met o.a. cellulase, hemicellulase (bv. Lee *et al.,* 2013), laccase (bv. Nyman & Hakala, 2011), xylanases and pectinase (bv. Singh *et al.*, 2012), maar die methoden zijn voor zover bekend tot op heden nog nauwelijks op industriële schaal toegepast. Het werkingsprincipe van enzymen vergt steeds nauwgezette optimalisaties van de procescondities en enzymen zijn over het algemeen ook behoorlijk prijzig (Stora Enso, 2013).
Daarnaast maakt men volop werk van methoden om chemische onzuiverheden als minerale oliën beter te verwijderen (ERPC, 2012).

Er is ook een trend naar verpulpen in een neutraal milieu, wat naast een verminderd gebruik aan chemische hulpstoffen ook zou leiden tot een lager risico op dispersie van bepaalde inktsubstanties tot partikels die te klein zijn voor flotatie (bv. flexo kranten).
Verder worden ook steeds nieuwe types van zeven en hydrocyclonen ontwikkeld en flotatie en dispersiemethoden bijgeschaafd. De nieuwste generatie zeven gebruikt bv. een tussentijdse verdunning van de pulp om een betere verwijderingsefficiëntie te bekomen met lager energieverbruik en vezelverliezen (Carré *et al.*, 2007).

Om de bereikte kwaliteitsstandaarden te behouden, dringen echter ook acties van andere actoren in de drukwerkketen zich op. In de Europese Declaratie inzake Papierrecyclage 2006-2010, ondertussen geüpdatet in de versie 2011-2015 (ERPC, 2011) verbinden enkele van de voornaamste

stakeholders van de drukwerkketen zich ertoe om samen werk te maken van verbeterde recyclagecondities.

→ **Verbeterde sorteertechnieken**

Naast het ontwikkelen van inkten en papier-inktcombinaties met een verbeterde ontinktbaarheid en lijmstoffen die eenvoudiger te verwijderen zijn (zie 2.6.2), is er duidelijk ook nood aan verbeterde sorteertechnieken. Dit betekent enerzijds een betere scheiding aan de bron door bv. gescheiden inzameling van papier- en kartonafval en heldere instructies. Anderzijds zijn technieken voor het eenvoudiger uitselecteren van moeilijk verwerkbare fracties zoals karton, gecoat papier, flexo kranten enz. volop in ontwikkeling. Verbeterde spikes, blazers, robots en sensoren komen voortdurend op de markt. Een voorbeeld is de ontwikkeling van optische en NIR sensoren met een verhoogde specificiteit voor bepaalde materialen door een toename in de detectierange en analysecapaciteiten. Recent kwam in Duitsland een nieuw type van hyperspectrale NIR sensor op de markt dat in staat is om onder andere karton, gekleurd papier en gecoat papier uit te selecteren (Unisort PC paper van RTT Steinert). Onderzoek toonde aan dat ook de detectie van flexo kranten met NIR mogelijk is. Een prototype werd ontwikkeld (Leitner & Rosskopf, 2008).

→ **Verbeterde bewaring van oud papier**

Verder lijkt ook extra aandacht voor de stockage en bewaring van oud papier aan de orde. Stora Enso Langerbrugge (2013) geeft bv. aan met problemen te kampen wanneer in zomertijden vooral in balen verpakte magazines verwerkt worden, ook indien deze niet ouder zijn dan een paar maanden. Mogelijk is de oorzaak te vinden bij de productie van de balen. Dit dient verder onderzocht. Over het algemeen is ontinkting in de zomer moeilijker door de hogere temperaturen en omdat bij gebrek aan voldoende inputmateriaal oudere stocks aangesproken worden.

→ **Dunner papier**

De concurrentie om vezels verhoogt en de vraag naar duurzaamheid stijgt. Zoals eerder aangegeven draagt de papierproductie in belangrijke mate bij aan de milieu-impact van drukwerk en vormt papier ook de belangrijkste productiekost voor de grafische industrie. De papierketen heeft er dus alle belang bij om het verbruik van vezels per papieroppervlak te verminderen. Verschillende studies concentreren zich momenteel op het dunner, lichter en sterker maken van papier en kartonnen verpakkingen (ERPC, 2012). Een verdere evolutie in deze trend zal de papierrecyclage voor nog grotere uitdagingen stellen.

→ **Nieuwe vezelgrondstoffen**

Door de toenemende nood aan optimale valorisatie van de beschikbare vezelgrondstoffen, wordt er in de papiersector ook gekeken naar mogelijke nieuwe bronnen van lignocelluloserijke vezels zoals stro en andere oogstresten of Miscanthus. Een recente ontwikkeling is zo bv. het gebruik van de vezels in tomatenloof en -stengels voor het maken van kartonnen verpakkingen voor diezelfde tomaten. In samenwerking met telers en verpakkingsproducenten onderzocht men aan de Universiteit Wageningen het gebruik van tomatenbladeren en aan het Kenniscentrum Plantenstoffen en het Kenniscentrum Papier en Karton het gebruik van tomatenstengels in kartonnen dozen. De hoeveelheid blad en stengels die een teler produceert blijkt meer dan voldoende om de eigen tomaten te verpakken. De eerste proefdozen zijn inmiddels klaar. Als de

kwaliteitsonderzoeken definitief succesvol afgerond worden, volgt de ontwikkeling van machines die de enorme hoeveelheden stengelmateriaal verwerken en geschikt maken als grondstof voor de kartonindustrie. Een win-winsituatie voor kartonproducenten en telers. (Wageningen UR, 2013)
Hoewel het onwaarschijnlijk is dat zulke landbouwreststromen beschikbaar komen in de volumes en vormen die een volledige vervanging van houtvezels mogelijk maken, kunnen ze in combinatie met houtvezels en aangevuld met de teelt van bv. Miscanthusgrassen wel goedkope oplossingen betekenen.

→ **Papierproductie op basis van niet-vezelcomponenten**

Een nieuwe methode voor de productie van papier, op basis van kalksteen, werd in China ontwikkeld (stone paper). Kalksteen wordt eerst tot poeder gemalen en wordt daarna met plastiek verwerkt in een verhouding van 80% kalk en 20% plastiek. Dit mengsel wordt vervolgens verhit en levert een hagelwit en stevig papier op. Het energieverbruik tijdens de productie is veel lager in vergelijking met de traditionele productiemethode (Taiwan Lung Meng Technology Co Ltd).

→ **Multi-producten recyclagebedrijf**

Meer en meer onderzoek gaat naar het valoriseren van de 'restproducten' van de papierindustrie, om op die manier de economische waarde van -al dan niet gerecycleerd- papier te verhogen (CEPI, 2012). Nieuwe toepassingen voor bv. pulpafval, ontinktingsslib en waterige reststromen zijn in ontwikkeling en worden volop uitgetest. In het kader van de routekaart voor de Nederlandse pulp- en papierindustrie heeft het Kenniscentrum Papier en Karton (KCPK) bijvoorbeeld verschillende projecten lopen voor valorisatie van papierslib en van de vetzuren en de zwevende stoffen in het afvalwater. Papierslib zou o.a. uitstekend dienst kunnen doen als bron van suikers voor de productie van bioplastics om zo interactie met de voedselketen vermijden. In zulke projecten gaat het vooralsnog voornamelijk om een *proof of concept*. Enkele businesscases werden uitgewerkt. Uit een studie rond bioraffinagemogelijkheden bij een Nederlandse papierproducent bleek dat er technisch veel mogelijk is, maar dat de uitdaging vooral ligt in het financieel rendabel maken van de toepassingen. De nieuwe opties moeten de concurrentie kunnen aangaan met het wijd verspreide gebruik van slib als brandstof (Harmsen *et al.*, 2012).

De papiersector streeft naar meer symbiose met andere industrieën om te komen tot een multi-productbedrijf of –in het geval van gerecycleerd papier- een geïntegreerd recyclagebedrijf, waarin allerlei reststromen gevaloriseerd of verwerkt worden tot nieuwe producten of energiedragers. Nieuwe paden worden bewandeld voor het isoleren van componenten met een hoge waarde uit de pulp, componenten die op dit moment in het papier terecht komen zonder voordeel of zelfs ten nadele van de papierkwaliteit. (Marsidi *et al.*, 2011, CEPI, 2012)
Het is niet ondenkbaar dat deze nieuwe toepassingen ook rekening zullen moeten houden met de mogelijke veranderingen in samenstelling van de restproducten van de papierindustrie, ten gevolge van de ontwikkelingen in de andere schakels van de drukwerkketen.

HOOFDSTUK 3. MILIEU-IMPACT VAN DRUKWERK IN VLAANDEREN

Wanneer we spreken over drukwerk in ketenperspectief, biedt het Vlaams milieu-input output model een handige tool om de bijhorende milieu-impact te berekenen en analyseren.

Het Vlaams milieu input-output model (Vlaams IO-model), ontwikkeld in periode 2007-2010 in opdracht van OVAM, VMM en LNE, koppelt op een wetenschappelijk onderbouwde manier economie en ecologie (OVAM, 2010; Vercalsteren, et al., 2008; Avonds en Vandille, 2008; Bilsen et al, 2008). Het model verzamelt alle relevante economische en milieugegevens met betrekking tot consumptie en productie en kan een antwoord bieden op vragen als: “Welke economische sectoren en welk consumptiegedrag in Vlaanderen veroorzaken de meeste milieudruk?”, “Waar ontstaat die milieudruk: in Vlaanderen zelf of daarbuiten?” of “Waar in de keten ontstaat de milieudruk?”. Alle resultaten in dit rapport zijn gebaseerd op het model voor 2007. Dit is de meest recente versie van het model: de vorige versie is gebaseerd op data uit 2003. Meer details over de basisdata en de analysemogelijkheden van het model zijn te vinden in de publicatie van OVAM (2010): ‘Het Vlaams uitgebreid milieu input-outputmodel’.

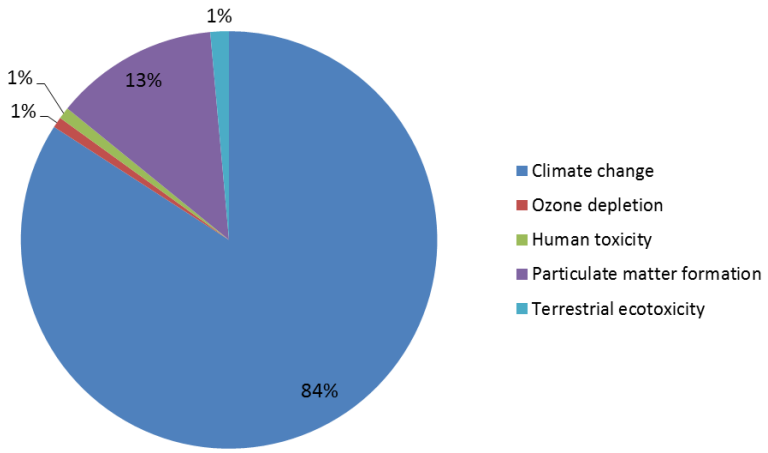
Binnen deze studie kan het model gebruikt worden om verschillende vragen te beantwoorden:

- Welke milieu-impacten zijn het meest prioritair binnen de keten, wanneer vergeleken met andere sectoren in Europa?
- Welke sectoren hebben de grootste bijdrage in de productieketen wat betreft milieu-impact?

3.1. TOTALE, GEAGGREGEERDE MILIEU-IMPACT VAN DRUKWERK

Het Vlaams IO-model incorporeert verschillende milieugegevens, onder andere emissies naar lucht, emissies naar water en energiegebruik zijn aanwezig. Op basis van al die milieugegevens kan de milieu-impact van een sector (directe emissies) of de milieu-impact van een product (direct en indirect, gekoppeld aan de gehele productieketen) worden berekend. Er bestaan verschillende zogenaamde milieu impactcategorieën, zoals klimaatverandering, ozonafbrekende stoffen, vermesting, verzuring, ecotoxiciteit of fotochemische reductie. In deze paragraaf proberen we deze verschillende milieu-impactcategorieën samen te nemen, bijvoorbeeld op basis van de Recipe Endpoint methode (zoals gebruikt in Simapro LCA software). Deze methode gaat de verschillende impactcategorieën wegen ten opzichte van elkaar en uitdrukken in eenzelfde eenheid. Dit is een mogelijke manier om een afweging te maken tussen verschillende impactcategorieën en de meest prioritaire te bepalen. Uiteraard zijn andere manieren ook mogelijk en geven die niet noodzakelijk hetzelfde resultaat.

We bekijken in dit geval de milieu-impact gerelateerd aan de gehele productieketen van drukwerk, met andere woorden welke emissies (en dus impacten) er allemaal in *de rugzak* van een drukwerkproduct zit (zowel binnen als buiten de Vlaamse grenzen! Dus ook geïmporteerde producten en impact worden meegenomen). Figuur 9 laat de bijdrage van de verschillende impactcategorieën aan de geaggregeerde milieu-impact zien.



Figuur 9. Bijdrage van de verschillende impactcategorieën aan de geaggregeerde milieuimpact van drukwerk (IO, 2010).

Klimaatverandering komt duidelijk als belangrijkste impact categorie naar voor, terwijl fijn-stofvorming op een tweede plaats komt. De andere impactcategorieën zijn duidelijk van minder groot belang in de totale, geaggregeerde impact van drukwerk doorheen de productieketen.

Deze impact wordt slechts voor 18% veroorzaakt door sectoren in Vlaanderen, terwijl de rest van de impact ontstaat door productie van intermediaire goederen buiten Vlaanderen (rest van België, Europa en de rest van de wereld) die geïmporteerd worden naar Vlaanderen.
Wanneer we kijken naar de belangrijkste bijdragers doorheen de keten, dus die sectoren die door hun activiteiten de meeste bijdrage leveren aan deze impact, zien we volgende sectoren in Vlaanderen bovenaan staan, samen goed voor 73% van de impact die in Vlaanderen optreedt:

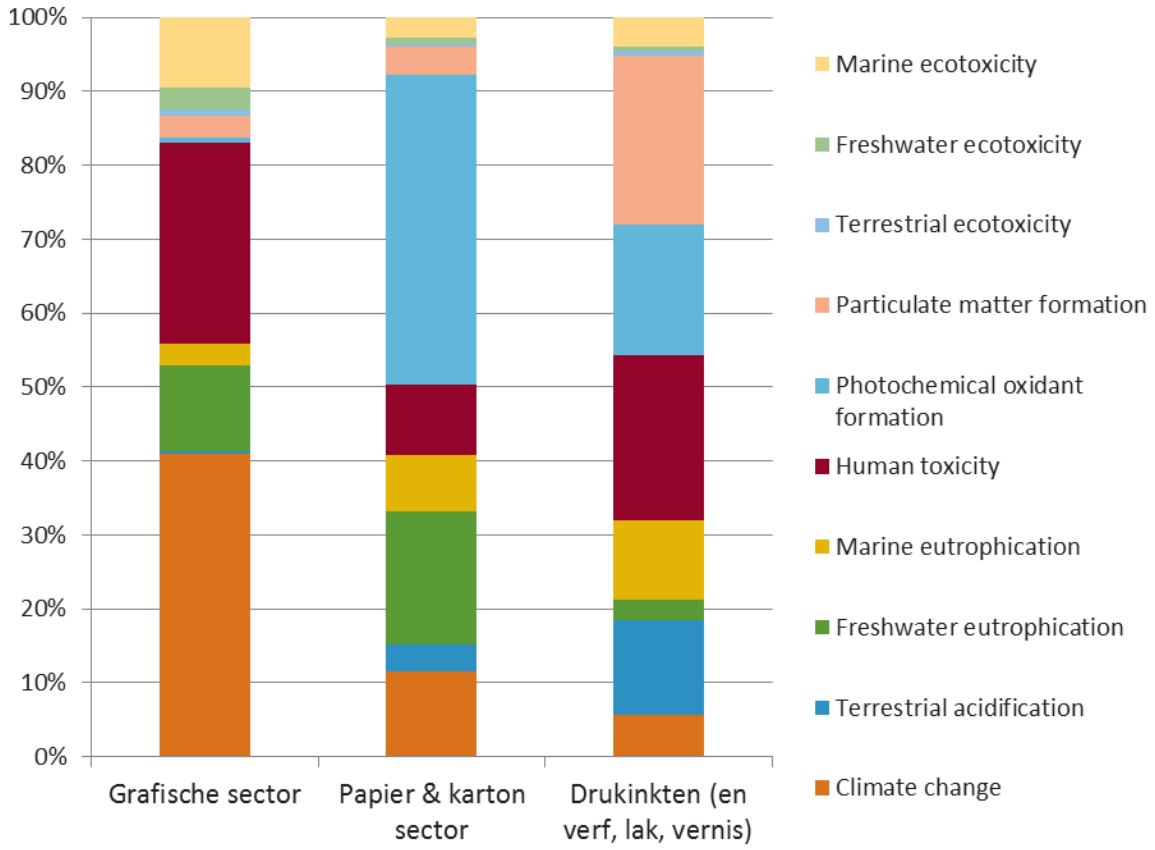
- Vlaamse elektriciteitssector
- Goederenvervoer over de weg
- Drukkerijen
- Papier en kartonproductie

De impact die buiten Vlaanderen optreedt is gealloceerd aan producten (directe en indirecte emissies, i.e. de rugzak), niet aan sectoren (enkel directe emissies): we importeren immers het product en nemen daarmee alle impacts die er al achter zitten mee op in onze productieketen. Volgende producten, welke we importeren, dragen de meeste impact met zich mee (samen goed voor ongeveer 60% van de impact uit het buitenland):

- Papier & karton
- Elektriciteit
- Geraffineerde aardolieproducten
- Inkten

3.2. MILIEU-IMPACT VAN DE SECTOREN IN DE KETEN

Zoomen we respectievelijk in op de grafische sector, de papiersector en de inktproducerende sector elk op zich, dan zien we de volgende bijdragen van impacts aan de geaggregeerde impact **van elk van de sectoren zelf.**



Figuur 10. Relatieve bijdrage aan de geaggregeerde impact voor de drie sectoren (IO, 2010).

HOOFDSTUK 4. MILIEUASPECTEN IN DE KETEN EN AANBEVELINGEN BBT-STUDIES: WORKSHOP

Dit hoofdstuk vormt een overzicht van de discussies tijdens de workshop over drukwerk in ketenperspectief. Op deze workshop waren zowel sectorfederaties als overheidsadministraties aanwezig (4.1). Zowel de milieuaspecten van de ontwikkelingen in de keten (4.2) als de aanbevelingen voor toekomstige BBT-studies (4.3) komen vervolgens aan bod.

4.1. WORKSHOP: DRUKWERK IN KETENPERSPECTIEF

Maandag 2 december 2013
Provinciehuis, zaal Jan van Heelu+, Provincieplein 1, Leuven, 9u00-12u30

→ **Aanwezig**

Willem van Veen	FETRA
Marc Bailli	COBELPA
Ben Breeur	FEBELGRA
Theo De Jaegher	IVP
Myriam Rosier	VMM
Annelies Faelens	LNE-AMV
Joke Van Cuyk	OVAM
Katrijn Alaerts	VITO
Toon Smets	VITO
Liesbeth Schrooten	VITO

Verontschuldigd

Kristien Caekebeke	VMM
Luc De Smet	Stora Enso
Ronny Borms	Arets Graphics

→ **Doel**

Bespreken van belangrijkste knelpunten en opportuniteiten in verband met milieuaspecten in de keten en mogelijke aanbevelingen voor BBT-studies en milieuvergunningen.

→ **Agenda**

9u00	Toelichting van de studie
9u20	Papierrecyclage: proces en knelpunten
9u40	Deel 1: Evoluties en maatregelen in ketenperspectief – milieuaspecten
10u40	*Koffiepauze*
11u00	Deel 2: Aanbevelingen voor toekomstige (BBT-)studies
12u00	Conclusies en verdere aanpak

4.2. MILIEUIMPACT VAN ONTWIKKELINGEN IN DE KETEN

De ontwikkelingen in de keten zoals besproken in §2.6 kunnen leiden tot een reductie van de milieuimpact in één of meerdere stappen van de keten. Anderzijds kunnen deze evoluties ook aanleiding geven tot een grotere milieuimpact elders in de keten. Om deze invloeden gedetailleerder in kaart te brengen, zijn verdere studies nodig. De informatie die we uit literatuur en vanuit bedrijven meekregen laat ons wel toe om een ruwe inschatting te maken en een indicatie te geven van de milieuimpact van elk van deze evoluties in de verschillende stappen van de keten.

Tabel 2 geeft met een kleurencode weer in welke richting de milieuimpact van deze ontwikkelingen evolueert tijdens de productie van drukinkten, het drukken en de recyclage en productie van papier. Voor evoluties die de ontwikkeling van 'verbeterde methoden' omvatten, gaat de evaluatie in onderstaande tabel ervan uit dat de kwaliteit van het eindproduct minstens het huidige niveau bereikt.

Het milieuaspect waarop de ontwikkelingen in de drie stappen van de keten een impact hebben is echter vaak verschillend. Enkele voorbeelden:

- De productie van **UV & HS-UV drukinkten** leidt tot een reductie van de VOS-emissies in het productieproces ten opzichte van solventgedragen drukinkten. Ook zal dit tot een reductie van de VOS-emissies leiden tijdens het drukproces. Anderzijds zorgen deze inkten (UV) voor de vorming van ozon tijdens de toepassing ervan en dienen hiervoor de nodige maatregelen te worden genomen. De afweging tussen beide milieuaspecten is niet evident, en verklaart de oranje kleurcode. Voor wat betreft de recyclage van het met UV-inkt bedrukte papier of karton is het wel duidelijk dat deze drukinkten in vergelijking met conventionele inkten op dit moment moeilijk ontinktbaar zijn. Zelfs bij kleine fracties in de oud papiersamenstelling kunnen ze problemen veroorzaken in de kwaliteit van het eindproduct. Extra zuiveringsstappen zijn nodig. In de mate van het mogelijke streeft men daarom bij de sortering en selectie van papier voor recyclage naar het verwijderen van drukwerk met UV-inkten. Bijgevolg heeft het gebruik van UV-inkten een negatieve invloed op de efficiëntie van het energie- en materialengebruik bij papierrecyclage.

- De ontwikkeling van **inkten met een verbeterde ontinktbaarheid** vereenvoudigt het recyclageproces van papier en vermindert de geassocieerde milieu-impact en vezelverliezen (groen). Wat de invloed zal zijn op de milieu-impact tijdens het productieproces en het drukken is voorlopig onduidelijk (oranje), want sterk afhankelijk van het type inkt dat ontwikkeld zal worden. Bij het onderzoek naar inkten met een verbeterde ontinkbaarheid worden dus best gelijktijdig de milieu-impact van inktproductie en drukproces mee in overweging genomen.

- **Coatings** kunnen het ontinkten vereenvoudigen, maar tevens leiden tot sticky-vorming in het verdere papierproductieproces. Het ontwikkelen en inzetten van nieuwe coatings die gemakkelijker te verwijderen zijn in het recyclageproces, zal dus een positieve impact hebben op de ontinkting en recyclage van papier. Tegelijkertijd vergt het energie en grondstoffen om zulke coatings aan te maken en aan te brengen. De invloed op de milieu-impact van de productie van gerecycleerd papier is daarom onduidelijk (oranje). De productie van inkten zal minder rekening moeten houden met ontinktbaarheid en meer kansen hebben om bv. op dit moment reeds bestaande alternatieven voor solventgebaseerde inkten (o.a. watergebaseerde, UV), die een beperktere milieu-impact hebben tijdens het productieproces, in te kunnen zetten. Vandaar de groene kleurcode.

Nieuwe coatings zullen ongetwijfeld het drukproces beïnvloeden, maar of dit een positieve, dan wel negatieve invloed zal zijn, is onduidelijk (oranje).

- **Digitaal drukken** kan door de inzetbaarheid voor kleinere oplagen met minder afval materiaalbesparend zijn. Tegelijkertijd moet rekening gehouden worden met VOS-emissies, de verwerking van de lege inktpatronen, energieverbruik enz. Digitale druktechnieken geven over het algemeen ook een moeilijk ontinktbaar resultaat (zie §2.5.3). Wateroplosbare inkjet inkten kunnen zelfs in kleine hoeveelheden problemen veroorzaken bij de recyclage van papier. Eenvoudiger te verwijderen toner-inkten zijn weliswaar reeds ontwikkeld. De milieu-impact bij de productie van de inkten is ook sterk afhankelijk van het inkttype. Het effect van digitale druktechnieken op de inktproductie, het drukproces en de papierrecyclage is dus niet eenduidig, vandaar de oranje kleurcode over de ganse lijn.

- **Dunner papier** verbruikt minder vezels. Dit kan positief zijn voor het grondstoffengebruik van de papierproducenten. Het is evenwel minder eenvoudig te produceren en geeft een verhoogde kans op papierbreuk, wat kan leiden tot een verhoogd energieverbruik (herinzet van het 'verloren' stuk productie). Optimalisaties van het papierproductieproces zijn dus aan de orde. Verder zou een verhoogde verhouding papier/inkt het ontinktingsproces bemoeilijken. Dit verklaart de oranje kleurcode voor papierproductie. Dunner papier vergt zeker aanpassingen aan het drukproces, maar of deze de milieu-impact in positieve of negatieve zin beïnvloeden, is moeilijk te voorspellen (oranje).

De invulling van Tabel 2 werd tijdens de workshop verder besproken. De bedoeling was om vanuit de ervaring van deelnemers:

- een beter en meer genuanceerd zicht te krijgen op de mogelijke milieu-impact van de verschillende tendensen;
- aanbevelingen te formuleren voor het stimuleren van positieve evoluties en het oplossen van eventuele knelpunten;
- die tendensen te identificeren waarvan in de toekomst het meeste heil te verwachten valt voor het minimaliseren van de milieu-impact van de keten.

Rekening houdend met de gevoerde discussies en geleverde opmerkingen werden enkele wijzigingen aangebracht aan Tabel 2 en besluiten geformuleerd:

- Een extra tendens werd geïdentificeerd, met name **'toegenomen communicatie in de keten rond eco-design'**. Deze tendens is, zoals blijkt uit enkele van de evoluties besproken in hoofdstuk 2, vooral vast te stellen op Europees niveau. Hiervan getuigen onder andere de Europese Declaratie inzake Papierrecyclage en de ontwikkeling en opname van standaard testmethoden voor ontinktbaarheid en verwijderbaarheid van kleefstoffen in de criteria van de Europese milieukeur. Op Vlaams of Belgisch niveau is er nauwelijks overleg. Alle deelnemers aan de workshop geven nochtans aan dat dit een positieve invloed zou kunnen hebben op de milieu-impact van de ganse keten. Enerzijds lijkt samenspraak op Europees niveau voldoende, gezien het internationale karakter van de inputmaterialen en de producten van de producenten van drukinkten en gerecycleerd papier. Anderzijds zou het jammer zijn om bij gebrek aan overleg op Vlaams/Belgisch niveau kansen te missen om als innovatieve industrie naar voren te treden. Het stimuleren van zulk overleg lijkt aangewezen.

- Een andere tendens zou **'een verhoogde aandacht voor veiligheid'** kunnen zijn in de subsector van de verpakkingen, bv. voedselveiligheid in het geval van voedselverpakkingen.

Het effect van drukinkten en gerecycleerd papier op de veiligheid van verpakkingen is echter heel complex. Onderzoek is nog volop aan de gang. Het effect van een verhoogde aandacht voor veiligheid op de milieu-impact van de verschillende schakels in de keten is daarom ook nauwelijks in te schatten. Het zou een veel nauwgezettere studie vergen om zinnige uitspraken of conclusies te kunnen formuleren. Daarom werd besloten om de subsector verpakkingen niet mee te nemen in deze studie. De bedoeling van de studie is verdere stappen te kunnen ondernemen voor het verbeteren van de milieu-impact van de drukwerkketen. Daarom wordt beter gestart met een duidelijk afgelijnde keten, om eventueel later verder te gaan met een complexer netwerk.

- Voor **plantaardige inkten** is het effect op het drukproces in de praktijk nog onduidelijk. Enkele drukkers staan weinig positief ten opzichte van de bereikte testresultaten, machines moesten stilgelegd en uitgekuist worden. In de literatuur werden echter vooral positieve effecten geïdentificeerd. Het dient verder onderzocht wat aan de basis ligt van de ervaren problemen. Mogelijk spelen het gebrek aan ervaring in de optimalisatie van de machines voor nieuwe inkttypes, het vasthouden aan gewoontes, of ook de specifieke eigenschappen van de gebruikte inkttypes een rol. De milieuimpact op het drukproces kreeg daarom een oranje kleurcode. Ook het effect op de papierrecyclage staat oranje aangegeven, omdat uit de literatuur blijkt dat de ontinktbaarheid afhankelijk is van het gebruikte type van plantaardige inkt. Een weloverwogen keuze van het inkttype is dus noodzakelijk om over de hele lijn een positieve milieu-impact teweeg te brengen.

- **UV/HS-UV drukinkten, watergebaseerde inkten en digitale druktechnieken** als inkjet printing hebben -met het ontinktingsproces zoals het nu in de meeste papierrecyclage bedrijven in Europa wordt toegepast- een duidelijk negatief effect op de kwaliteit van gerecycleerd papier. Om eenzelfde kwaliteit te bewaren dienen extra en over het algemeen energie- of materiaalverslindende stappen worden toegevoegd. Zowel UV als problematisch digitaal drukwerk (zie hoofdstuk 2) vormen momenteel echter nog een kleine fractie van het totale aanbod van papier voor recyclage. Echt grote problemen bij recyclage (met stilleggen van machines, papierbreuk of een onbruikbaar eindresultaat) komen voorlopig relatief weinig voor. Het is moeilijk te voorspellen hoe dat aanbod in de toekomst zal evolueren: zullen digitale en UV druktechnieken doorbreken als economisch te verantwoorden *mainstream* technieken of zullen ze eerder een beperkte complementaire markt (gepersonaliseerd drukken, kleine oplagen) blijven bedienen? Het is daarom ook moeilijk te zeggen of dergelijke druktechnieken in de toekomst werkelijk zullen leiden tot een grotere milieu-impact en materiaalverlies in de recyclagestap. Vast staat wel dat indien deze technieken gestimuleerd worden zoals ze op dit moment ontwikkeld zijn, het aandeel moeilijk te recycleren papier zal toenemen. Stimuleren is dus pas aangewezen als gelijktijdig de ontwikkeling van beter recycleerbare versies ondersteund wordt.

- **Papier uit niet-vezelcomponenten** heeft weinig met papier te maken, eerder met plastics. Het gaat vooralsnog eerder om enkele case-studies dan om een wijd verspreide tendens. Over een invloed van dergelijke evolutie op de milieu-impact van de productie van drukwerk op papier zijn daarom weinig sluitende conclusies te trekken.

- Voor de introductie van elke nieuwe technologie dient rekening gehouden met een zeker **leerproces** en dikwijls initiële afkeuring van betrokken bedrijven, eerder op basis van gewoonte dan op basis van werkelijke problemen van de techniek. Bij de evaluatie van het potentieel van bepaalde tendensen is daarom, naast aandacht voor een verbeterde milieu-impact en voor de kosten van de techniek, ook aandacht voor dit leerproces (zie voorbeeld

plantaardige inkten en de trage introductie van UV-inkten) aangewezen. Verder hebben meer **algemene omstandigheden**, zoals prijsvorming, eveneens een invloed op het al dan niet omarmen van bepaalde nieuwe technieken. De evolutie naar dunner papier is zo een tendens waarbij prijsvorming een rol speelt. De trend vindt gemakkelijk ingang in bv. de verpakkingsindustrie, waar de betaling per functionaliteit (verpakking) de keuze voor lichtere verpakkingen met een verminderd vezelgebruik ondersteunt. Leveranciers van basispapier worden echter momenteel betaald per ton, wat de keuze voor lichter papier minder rationeel maakt, zeker gezien de verhoogde moeilijkheidsgraad van het productieproces.

- Met de beschikbare informatie en kennis is het niet mogelijk om uitspraken te doen over welke van de besproken evoluties het grootste potentieel hebben voor een verbetering van de milieuprestaties van de keten. Er zijn duidelijk **parallelle acties** nodig in de verschillende sectoren. Tegelijkertijd moet aandacht uitgaan naar het ontwikkelen van inkten met een eenvoudigere ontinktbaarheid en naar de zoektocht naar verbeterde technieken voor papierrecyclage. Het **stimuleren van overleg** in de keten kan deze ontwikkelingen bevorderen.

Tabel 2. Milieuimpact van (mogelijke) ontwikkelingen in de keten. De kleurencode geeft aan in welke richting de milieuimpact in dit deel van de keten mogelijk verandert, waarbij groen: positieve invloed, wit: geen invloed, oranje: onduidelijke invloed en, rood: negatieve invloed.

(Mogelijke) ontwikkelingen in de keten (§2.6)	Productie van drukinkten	Drukproces	Recyclage en productie papier
Globale ontwikkelingen			
Wijzigingen samenstelling oud papier			
Toenemende export vezels			
Toenemende communicatie in de keten rond eco-design			
Technische ontwikkelingen: drukinkten			
Plantaardige inkten			
UV & HS-UV drukinkten			
Inkten met verbeterde ontinktbaarheid			
Nieuwe coatings			
Gemakkelijker te verwijderen kleefstoffen			
Technische ontwikkelingen: drukken			
Overschakelen naar digitale druktechnieken			
Technische ontwikkelingen: papierproductie en -recyclage			
Verbeterde methoden voor ontinkting en verwijderen kleefstoffen			
Verbeterde sorteermethoden			
Verbeterde bewaring oud papier			
Dunner papier			
Nieuwe vezelgrondstoffen			

Papier obv niet-vezelcomponenten			
Multi-producten recyclagebedrijf			

4.3. AANBEVELINGEN VOOR TOEKOMSTIGE (BBT-)STUDIES

BBT-studies vormen een belangrijke basis voor het opstellen en concretiseren van de milieuregelgeving. Aan de hand van geselecteerde BBT worden er telkens een aantal aandachtspunten geformuleerd naar de verschillende milieucompartimenten toe. Deze kunnen onder meer door adviesverleners/vergunningverleners als basis gebruikt worden, bijvoorbeeld bij het vastleggen van bijzondere vergunningsvoorwaarden. Waar mogelijk worden in BBT-studies eveneens de bestaande sectorale vergunningsvoorwaarden (cf. VLAREM II) getoetst aan de BBT. Deze evaluatie kan, indien dit nuttig/nodig mocht blijken, door de wetgever als basis worden gebruikt om aanpassingen aan de regelgeving te formuleren. Daarnaast worden in BBT-studies ook aanbevelingen gedaan voor de ecologiepremie. Aangezien al deze aanbevelingen kaderen in een specifieke BBT-studie hebben deze betrekking op individuele sectoren.

In deze studie hebben we vastgesteld dat maatregelen die genomen worden in één deel van de keten, effecten (positief of negatief) kunnen hebben in andere delen van de keten. Dit blijft bij de klassieke sectorbenadering van BBT-studies grotendeels buiten beeld. In paragraaf 4.3.1 worden er daarom aanbevelingen geformuleerd, onder andere op basis van de discussies tijdens de workshop, om in toekomstige BBT-studies beter rekening te houden met ketenaspecten. Daarnaast hebben we ook vastgesteld dat er binnen de keten ontwikkelingen en maatregelen zijn die gestimuleerd zouden moeten worden, maar waarvoor milieuvergunningen of ecologiepremie niet de geschikte instrumenten zijn. Daarom suggereren we in paragraaf 4.3.2 de mogelijkheid om in BBT-studies ook aanbevelingen te doen voor andere milieu-instrumenten.

4.3.1. SUGGESTIES OM IN TOEKOMSTIGE (BBT-)STUDIES BETER REKENING TE HOUDEN MET KETENASPECTEN

Om te verifiëren in welke mate de in deze studie besproken ketenaspecten een invloed kunnen hebben op de conclusies uit de klassieke BBT-studies, werden de BBT-studie voor de grafische sector en de BBT-studie voor de producenten van verf, lak, vernis, drukinkt en lijm onder de loep genomen. Volgende voorbeelden tonen aan dat het ketenperspectief kan leiden tot nuanceringen in de BBT-conclusies:

- Studie grafische sector, milieutechniek 4.2.13: Zoveel mogelijk vervangen van oplosmiddelhoudende inkten, wordt als BBT beschouwd. De technische beschrijving stelt een vervanging van solventen door watergebaseerde inkten of UV-inkten voor. Een UV-droger wordt ook geselecteerd als techniek toe te voegen aan de LTL voor ecologiepremie. Bij de aanbevelingen voor ontwikkeling van nieuwe milieuvriendelijke technieken staat het onderzoek voor uitbreiding van het toepassingsdomein van UV-inkten naar flexo en diepdruk vermeld.
  Studie verf, lak, vernis, drukinkt en lijm, milieutechniek 4.2.9: Beperken en/of vervangen van solventen in coatings en inkten. Opnieuw wordt een vervanging door watergebaseerde of stralingshardende varianten voorgesteld.
  - ➔ Uit hoofdstuk 2 in de huidige studie blijkt echter dat er op dit moment nog niet direct een oplossing voorhanden is voor een verbeterde ontinktbaarheid van UV-inkten. UV-inkten geven vrijwel steeds een *speck*-probleem bij de papierrecyclage, al heeft dat gezien de huidige beperkte oplagen van UV-drukwerk, voorlopig slechts een beperkte invloed op de papierkwaliteit. Bijkomend onderzoek en nieuwe ontwikkelingen moet zich vooral focussen op het verbeteren van de ontinktbaarheid van UV-inkten, vooraleer dergelijke inkten in druktechnieken aangeraden kunnen worden (zie §2.5.3 en 4.2). UV-inkten en drukprocessen zouden best enkel gesuggereerd worden als mogelijke

vervanging voor solventgebaseerde inkten, indien gelijktijdig een goede ontinktbaarheid voorop gesteld wordt.

➔ Op dit moment is ook de productie en het gebruik van watergebaseerde inkten eerder af te raden, met het oog op recyclage. Voor het ontinkten van drukwerk met watergebaseerde inkten dient een energie- en waterverbruikende wasstap, waarbij tevens hoge vezelverliezen optreden, tussengeschakeld. Dit vergt investeringen bij de meeste Europese papierrecyclagebedrijven, want zulke wasstap is momenteel verre van algemeen geïmplementeerd. Ook bij Stora Enso in Gent is er geen wassing voorzien. Vooraleer overwogen wordt om de productie van watergebaseerde inkten te stimuleren, is een grondige afweging van de milieuwinst die te boeken valt bij de productie van watergebaseerde inkten ten opzichte van de veroorzaakte verslechtering van de recyclagemogelijkheden aan de orde.

- Studie grafische sector: bij de aanbevelingen voor de ontwikkeling van nieuwe milieuvriendelijke technieken staat de uitbreiding van de toepassing van vegetale inkten voor coldset
  ➔ Hierbij lijkt het belangrijk te vermelden dat het bij vegetale inkten essentieel is om te kiezen voor inkten met een goede ontinktbaarheid, d.w.z. formuleringen met lagere oxidatiesnelheid, om problemen bij de recyclage te vermijden.

- Studie verf, lak, vernis, drukinkt en lijm: onder de aanbeveling voor de aanpassing van de sectorale lozingsvoorwaarden wordt vermeld: ‘Bij solventgedragen productie is het afvalwater zeer beperkt. Indien de bedrijven in de toekomst meer en meer overschakelen op watergebaseerde coatings en inkten, kan dit leiden tot meer problemen met verontreinigd afvalwater. In dat geval moeten de lozingsvoorwaarden opnieuw geëvalueerd worden.’
  ➔ Zie opmerking voor watergebaseerde inkten. Vooraleer nagedacht wordt over het versoepelen van de lozingsvoorwaarden zou eerst een grondige afweging van de invloed op de recyclagemogelijkheden moeten gebeuren.

- Studie verf, lak, vernis, drukinkt en lijm: er worden geen milieutechnieken rond bv. ontinktbaarheid of het vermijden van zware metalen in inkten beschreven.
  ➔ Gezien het effect van de inktsamenstelling op o.a. het afvalwater van de verdere schakels van de keten en de ontinktbaarheid, zouden richtlijnen hierrond wenselijk zijn.

- Studie verf, lak, vernis, drukinkt en lijm: bij de suggestie voor verder onderzoek naar ‘milieuvriendelijkere drukinkten’ staat ‘Alternatieve inkten zoals UV-drukinkten, latexinkten, vegetale inkten, zorgen voor minder of geen VOS-emissies bij de producenten. Het is echter nog niet duidelijk genoeg of de totale milieu-impact lager is, of dat de milieueffecten verschuiven naar andere plaatsen in de keten.’
  ➔ Zie opmerking UV en vegetale inkten

Met bovenstaande voorbeelden in het achterhoofd werd tijdens de workshop een antwoord gezocht op de vraag of en op welke manier (BBT-)studies in de toekomst meer rekening kunnen houden met ketenaspecten, om zo de kwaliteit van de aanbevelingen te verbeteren. De discussies gevolgd door verdere interne besprekingen, leidden tot onderstaande reeks van suggesties.

Deze suggesties kunnen in zes groepen worden onderverdeeld.

1. Extra hoofdstuk over ketenaspecten
2. Uitbreiding met focus op ketenaspecten
3. BBT-evaluatie
4. Samenstelling begeleidingscomité
5. Invulling definitie BBT
6. Afzonderlijke ketenstudie

Hieronder volgt een beschrijving van de zes suggesties en bijhorende bemerkingen die tijdens de workshop ter sprake kwamen. Sommige suggesties zijn alternatieven, andere kunnen met elkaar gecombineerd worden.

1. Extra hoofdstuk over ketenaspecten

Er werd gesuggereerd om aan elke BBT-studie, als uitbereiding van de huidige bondige paragraaf rond energie- en materiaalstromen in de keten, een hoofdstuk toe te voegen dat iets dieper ingaat op (mogelijke) knelpunten in de keten. Het bestuderen van de tendensen die effect hebben op verschillende stappen in de keten, en evaluatie ervan via een tabel zoals in de huidige studie, werd als een interessante optie naar voren geschoven. Dit extra hoofdstuk kan belangrijke ketenaspecten, die ook eerder in het derde hoofdstuk van een BBT studie aan bod kwamen, duidelijker in de verf zetten.
We moeten ons er echter van bewust zijn dat het niet voor elke sector evident is om de betrokken 'keten' af te bakenen en data te verzamelen. Bij de huidige studie kon heel wat recente informatie betrokken worden uit de bestaande BBT-studies/BREF, alsook uit contacten met de sectororganisaties. In geval van sectoren waarover nog geen grondige milieugerelateerde studie bestaat, of die niet beschikken over een afgelijnde sectorvertegenwoordiging, zal de benodigde informatie heel wat minder vlot verkrijgbaar zijn.

2. Uitbreiding met focus op ketenaspecten

Bij de beschrijving van de procesgerelateerde milieu-effecten in hoofdstuk 3 moeten zeker potentiële neveneffecten op andere plaatsen in de keten aangegeven worden. Aandacht moet gaan naar de milieu-impact tijdens het voortraject, het natraject, maar ook tijdens het gebruik van de producten. Zowel oorzaken (van bv. de samenstelling van het afvalwater of de gasemissies), die liggen in eerdere stappen in de keten, als gevolgen voor volgende schakels dienen hier duidelijk gesignaleerd. Waar nog onduidelijkheid heerst over oorzaken of gevolgen, kan dit in hoofdstuk 6 bij 'aanbevelingen voor verder onderzoek' worden hernomen. Zo kan een iets diepgaandere analyse achteraf uitwijzen of ook aanpassingen aan de milieuregelgeving van de betrokken sector(en) noodzakelijk zijn.

Een vraag die hierbij rees, was: hoe kan je omgaan met de economische impact die het opleggen van een milieumaatregel omwille van ketenaspecten met zich meebrengt in een sector, terwijl het milieuvoordeel zich situeert in een andere sector? In veel gevallen kunnen deze kosten doorgerekend worden naar de verdere schakels in de keten. Met de huidige tendens naar product-dienstsystemen in het achterhoofd (bv. het aanbod van 'drukwerk' in plaats van papier, inkt en printers), vormt deze doorrekening allicht minder een obstakel. Deze evolutie zorgt namelijk voor een verschuiving van de aangeleverde producten waarbij overleg en samenwerking tussen de verschillende schakels aan belang zal winnen.

Ook in de paragrafen rond innovatieve technieken is er ruimte voor meer nadruk op ketendenken.

Verder moet meer aandacht gaan naar het stimuleren van verder onderzoek voor bepaalde technieken en producten waarvan de impact op diverse milieu-compartimenten doorheen de keten nog niet helemaal duidelijk is.

Opmerking BBT-kenniscentrum
In nieuwe BBT-studies worden voortaan twee nieuwe paragrafen toegevoegd in hoofdstuk 3. Deze paragrafen hebben betrekking op “milieuproblemen in andere sectoren die hun oorsprong vinden in de behandelde sector” en “milieuproblemen in de behandelde sector die hun oorsprong vinden in andere sectoren”. Een uitbreiding met focus op ketenaspecten zou in deze twee paragrafen aan bod kunnen komen. Hierin kunnen namelijk milieugerelateerde ketenaspecten uitgebreider beschreven worden. Vervolgens kan dit dienen om ook in de hoofdstukken 4, 5 en 6 van BBT-studies meer aandacht te besteden aan deze ketenaspecten.

3. BBT-evaluatie

Bij de BBT-evaluatie in hoofdstuk 5 van een BBT-studie, is meer aandacht voor de keten gewenst. Elke voorgestelde maatregel moet getoetst worden aan effecten op andere sectoren. Dit kan door in de BBT evaluatietabel een (of enkele) kolom(men) toe te voegen, die de milieu-impact op andere schakels in de keten evalueren. In de definiëring van ‘BBT van geval tot geval’ zouden verder, naast aspecten als de grootte of leeftijd van de onderneming, ook ketenvoorwaarden meegenomen kunnen worden. Een voorwaarde hierbij is dat ook bij de beschrijving van de technieken in hoofdstuk 4 er de nodige aandacht aan milieu-aspecten in de keten wordt besteed.

Om tot een eensgezinde evaluatie te komen, wordt, waar mogelijk, best een soort van waarde toegekend aan schakels in de keten of milieucompartimenten, om die schakels/milieu-compartimenten met de grootste relatieve impact of waar een zekere impact het minst problemen veroorzaakt te identificeren. Dit om verschuiving van de milieu-impact naar een andere schakel of een ander milieucompartiment beter te kunnen afwegen. In de huidige studie wordt zo bv. de nadruk gelegd op het belang van papierrecyclage, omdat o.a. LCA studies de papierproductie aanwijzen als het proces met de grootste milieu-impact in de drukwerkketen, een impact die sterk gereduceerd kan worden door het gebruik van gerecycleerde vezels, alsook omdat een continu hoog niveau van recyclage noodzakelijk is om aan het Europese ambitieniveau te blijven voldoen.

4. Samenstelling begeleidingscomité

Om de nodige informatie op een efficiëntere manier te kunnen verzamelen en weloverwogen conclusies te kunnen trekken rond ketenaspecten, zou de samenstelling van het begeleidingscomité periodiek uitgebreid kunnen worden met vertegenwoordigers van de hele keten. Een probleem dat we hierbij in het verleden reeds konden vaststellen, is dat de deelname aan een begeleidingscomité vrijwillig is, en niet alle gevoerde discussies even interessant zijn voor andere schakels in de keten. De eindconclusies zijn evenwel sterk afhankelijk van wie al dan niet aanwezig is. Een oplossing kan bestaan uit het oprichten van een aparte werkgroep met experten uit de industrie en vertegenwoordigers van de sectoren uit de keten, die specifiek bijeen komen om de ketenbenadering te bediscussiëren. De bedrijven zelf moeten hiervoor zeker geconsulteerd worden, want zij zijn de echte experten ter zake.

5. Invulling definitie BBT

Gezien de verhoogde maatschappelijke aandacht voor milieu, recyclage, en kringloopsluiting, zal ketendenken als maar aan belang winnen. Het spreekt voor zich dat ook BBT-studies daarop zullen moeten inspelen. Om dit mogelijk te maken zouden we best aan de basis beginnen en de invulling of definitie van BBT op wettelijk niveau uitbreiden, zodanig dat het concept ook duidelijk ketenaspecten omvat. Lobbying bij de EC, o.a. op basis van de resultaten van deze studie, lijkt de meest aangewezen manier om hierin iets te verwezenlijken. Een gelegenheid om dit aan te kaarten kan bv. zijn aan de hand van een internationale workshop rond ketenaspecten in BREF's.

6. Afzonderlijke ketenstudie

Over de optie om een ketenbenadering voor te behouden voor een aparte studie, los van de BBT-studies, werden geen uitspraken gedaan. We konden wel vaststellen dat het wettelijke karakter van het BBT-concept het voeren van een open discussie rond keteneffecten bemoeilijkt.

Een bezorgdheid die leeft bij enkele deelnemers van de workshop is dat BBT-conclusies wetgevende implicaties hebben (nog meer op Europees niveau) en dus in de mate van het mogelijke zwart-wit moeten zijn. Dit zou moeilijk zijn met de nuancering die het ketendenken met zich meebrengt. Bepaalde technologieën of hele processen zouden kunnen afgeschreven worden als 'beter niet te gebruiken', terwijl BBT conclusies niet technologiedefiniërend zouden mogen zijn. Sommige deelnemers vinden daarom dat voornamelijk de beschrijvende delen van BBT-studies en BREF's zich lenen tot het nagaan van de impact van of op volgende en voorafgaande sectoren. Dat kan innovatiestimulerend werken, zonder er wettelijk bindende conclusies uit te trekken.

Een andere bedenking bij dit alles is dat de toenemende nadruk op ketenaspecten, in combinatie met o.a. de benodigde verhoogde aandacht veiligheid, veel extra werk met zich mee kan brengen, wat de looptijd van een BBT-studie sterk kan verlengen, en dat is ongewenst. De huidige studie kon evenwel op korte tijd enkele ketenaspecten identificeren die een belangrijk effect kunnen hebben op de BBT-conclusies. Opname in het onderzoek van een BBT-studie zou deze studietijd kunnen verkorten. Bovendien is de looptijd van een BBT-studie vaak ook het gevolg van het wachten op data. Deze 'gaten' zouden opgevuld kunnen worden met het dieper ingaan op ketenaspecten.

4.3.2. MOGELIJKHEID OM IN TOEKOMSTIGE BBT-STUDIES OOK AANBEVELINGEN TE DOEN VOOR ANDERE MILIEUINSTRUMENTEN

In deze studie, maar ook in andere BBT-studies, stellen we vast dat er binnen de keten ontwikkelingen en maatregelen zijn die gestimuleerd of tegengegaan zouden moeten worden, maar waarvoor milieuvergunningen of ecologiepremie niet de geschikte instrumenten zijn. De vraag stelt zich hoe we hier als BBT kenniscentrum, mee kunnen omgaan. Deze kwestie kwam uiteindelijk niet aan bod tijdens de workshop.

Een mogelijkheid bestaat erin om in Hoofdstuk 6, naast aanbevelingen voor verder onderzoek ook enkele eenvoudige en verder uit te werken richtingen aan te geven waarop het milieubeleid zich zou kunnen richten. Om het gewenste effect te bereiken, zouden we de aanbevelingen uit dit hoofdstuk best rechtstreeks communiceren naar de betrokken overheidsinstanties.

Uit de huidige korte studie kunnen we o.a. volgende aanbevelingen destilleren:

- De op dit moment op industrieel niveau beschikbare oplossingen voor de problemen in het recyclageproces die te wijten zijn aan veranderingen in een eerdere schakel van de keten, doen over het algemeen de milieu-impact van de papierrecyclagebedrijven sterk

toenemen. Om de milieuwinst ten opzichte van papier op basis van verse vezels niet teniet te doen blijft het recyclageproces best zo eenvoudig mogelijk, met zo weinig mogelijk extra reinigingsstappen. Onderzoek rond mogelijke milieu- en kwaliteitsoptimalisaties van de bestaande processen of rond helemaal nieuwe ontinktingsconcepten die opgewassen zijn tegen moeilijke papier-inkt-kleefstofcombinaties en tevens de huidige milieu-impact van de papierbedrijven verminderen, verdient daarom vanzelfsprekend voldoende stimulansen.

- De besprekingen in HOOFDSTUK 2 en 4 maken echter duidelijk dat tegelijkertijd ook een verhoogde aandacht voor 'design voor recyclage' in de drukinktenproductie en de grafische industrie noodzakelijk is. De overheid en milieuregelgeving zou hierop kunnen inspelen door bv. structureel overleg tussen en gemeenschappelijke onderzoeksprojecten van producenten van gerecycleerd papier en drukinkt of drukwerk te stimuleren. Onderzoek naar gemakkelijker ontinktbare UV/ HS-UV, inkjet en plantaardige inkten dient benadrukt. Daarbij moet ook de milieu-impact van de inkten en drukprocessen over de hele keten in rekening gebracht worden. Verder is er nood aan goede praktijkvoorbeelden/case studies om producenten te overtuigen van de praktische haalbaarheid van milieuvriendelijkere opties.

- Verder zou een beter scheiding van drukwerkafval aan de bron recyclageproblemen kunnen helpen vermijden. De overheid zou in dat verband de mogelijkheden en financiële/praktische haalbaarheid van volgende aspecten kunnen onderzoeken:
  - Het labelen van drukwerk of papier – inkt – printer combinaties als 'geschikt voor recyclage' of 'niet geschikt voor recyclage', op basis van de meest recente, algemeen aanvaarde, beschikbare testmethoden (zoals INGEDE Method 11 en 12, eventueel met aanvullende standaard blekingsstappen). Op die manier zouden producenten van drukwerk en consumenten gemakkelijker kunnen onderscheiden of drukwerk voor recyclage aangeboden dient te worden of niet en kan het recyclageproces in de toekomst worden veilig gesteld.
  - Gescheiden inzameling van papier en karton alsook van met UV-inkt en inkjet-inkt bedrukt bedrijfsafval (zonder label 'geschikt voor recyclage' of zonder Europese milieukeur).
  - Een betere regulering van de opslagduur en –omstandigheden van drukwerkafval en oud papier , zodanig dat slecht beperkt geoxideerd drukwerk (althans voor het gedeelte uit België afkomstig) de recyclageinstallaties bereikt.

- Een ander aandachtspunt is de samenstelling van het afvalwater: zowel bij de grafische als bij de papierrecyclage industrie komen zware metalen afkomstig van inkten terecht in het afvalwater. De milieuregelgeving voor drukinktproducenten zou de productie van dergelijke inkten kunnen afraden, bv. via het verplicht respecteren van de EUPIA uitsluitingslijst van chemische substanties voor drukinkten.

HOOFDSTUK 5. BESLUIT

De scope van een traditionele BBT-studie blijft per definitie beperkt tot één specifieke sector of industriële activiteit. De mogelijkheden om bestaande productieprocessen te optimaliseren, met de bedoeling om emissies te vermijden of te beperken, worden hierin onderzocht. Omdat industriële activiteiten en sectoren vaak onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn, kunnen milieuproblemen echter niet altijd binnen één sector opgelost worden. Evoluties en maatregelen in een bepaalde sector kunnen een invloed hebben op andere stappen in de keten. Om tot een duurzame industriële productie te komen, zijn vaak maatregelen nodig in de hele keten. Er is dan ook een groeiende nood om sectoren en productieprocessen in een bredere context te bekijken. Deze studie is een proefproject om extra aandacht te vestigen op de plaats van een bepaalde sector in de keten. Drukwerk, gezien in een cluster van drie sectoren (productie van drukinkt, grafische industrie en papierindustrie), vormde het onderwerp van deze studie.

Een literatuurstudie en een consultatie van bedrijven brachten algemene evoluties in kaart met een zekere invloed (positief of negatief) op de milieu-impact van de verschillende schakels in de keten. Aan de hand daarvan werden maatregelen geïdentificeerd die kunnen leiden tot milieuvriendelijker drukwerk vanuit ketenperspectief. De milieu-impact van de evoluties in de keten werd tijdens een workshop met verschillende stakeholders (sectorfederaties en overheidsadministraties) besproken. Een belangrijke maatregel met een positieve invloed op de milieu-impact van de hele drukwerkketen die daaruit naar voren kwam, is het stimuleren van communicatie in de keten rond eco-design. Het is duidelijk dat verdere studies nodig zijn om de besproken tendensen en hun invloed op het milieu gedetailleerder in kaart te brengen. Maar de discussies tijdens de workshop gaven duidelijk aan dat ketenaspecten van groot belang zijn en vaak onvoldoende in rekening worden gebracht in klassieke BBT-studies.

Om ketenaspecten in de toekomst beter te integreren in BBT-studies werden tijdens de workshop verschillende suggesties aangehaald omtrent (1) de integratie van een extra hoofdstuk over ketenaspecten, (2) de uitbreiding van de beschrijvende delen van de studie met focus op ketenaspecten, (3) het aanpassen van het BBT-evaluatiesysteem, (4) van de samenstelling van het begeleidingscomité, (5) van de BBT-definitie, en (6) het uitvoeren van afzonderlijke ketenstudies.
Een aantal van deze suggesties kunnen onmiddellijk in rekening gebracht worden in nieuwe BBT-studies. Zo werden in de template reeds twee nieuwe paragrafen toegevoegd aan hoofdstuk 3, dat milieu-impact van de sector bestudeert. Deze paragrafen hebben betrekking op “milieuproblemen in andere sectoren die hun oorsprong vinden in de behandelde sector” en “milieuproblemen in de behandelde sector die hun oorsprong vinden in andere sectoren”. Een uitbreiding met focus op ketenaspecten zou in deze twee paragrafen aan bod kunnen komen. Die informatie kan vervolgens dienen om ook in de hoofdstukken 4, 5 en 6 van BBT-studies, die respectievelijk de milieuvriendelijke technieken beschrijven, de technieken evalueren en suggesties geven voor verder onderzoek of innovatieve technieken, meer aandacht te besteden aan ketenaspecten. Aan de BBT-evaluatietabel worden extra kolommen toegevoegd die toelaten om op een gestructureerde wijze een afweging te maken van de milieu-impact van een techniek op andere schakels in de keten. Om op een efficiënte manier ketengerelateerde informatie te bekomen, zal meer aandacht gaan naar het bevragen van experten uit andere sectoren. Uitgebreider overleg, zowel intern als met de stuurgroep, dient uit te wijzen welke verdere ketenacties het BBT-kenniscentrum in de toekomst nog kan nemen.

LITERATUURLIJST

Avonds, L. & Vandille, G. (2008). Monetaire input-outputtabellen voor Vlaanderen. Rapport voor het Vlaamse Gewest. Federaal Planbureau, Brussel, 40 p.

Bilsen V., Van Dingenen, K., Jansen, B., Vercaemst, P. & Vercalsteren A. (2008). Algemene procesbegeleiding bij de operationalisering van een Vlaams milieu input-outputmodel en modelafbakening van het te beschrijven systeem. Eindrapport. Idea Consult, Brussel & VITO, Mol, 141 p.

Carré, B., Magnin, L., Galland, G. & Vernac, Y. (2001). Deinking difficulties related to ink formulation, printing process, and type of paper. Centre Technique du Papier, Grenoble, France, 33 p.

Carré, B. & Galland, L.(2007). Overview of deinking technology - 8th CTP/PTS Deinking Training Course, 29-30-31/05/2007. CTP, Grenoble, 24 p.

CEPI, Confederation of European Paper Industries (2012). Unfold the future – The forest fibre industry - 2050 Roadmap to a low-carbon bio-economy. CEPI, Brussels, Belgium, 46 p.

Cobelpa (2012). Papier en milieu. Procedés, realisaties, uitdagingen. Cobelpa, Brussel, 67 p.

Cobelpa (2013). Annual statistics 2012. Cobelpa, Brussel, 7 p.

ERPC, European Recovered Paper Council (2008). Guide to an optimum recyclability of printed graphic paper. ERPC, Brussels, 5 p.

ERPC, European Recovered Paper Council (2009). Assessment of printed product recyclability – deinkability score. ERPC, Brussels, 8 p.

ERPC, European Recovered Paper Council (2011). European Declaration on Paper Recycling 2011-2015. ERPC, Brussels, 5 p.

ERPC, European Recovered Paper Council (2011b). Assessment of printed product recyclability - scorecard for the removability of adhesive applications. ERPC, Brussels, 14 p.

ERPC, European Recovered Paper Council (2012). European Declaration on Paper Recycling 2011-2015 – Monitoring report 2012. ERPC, Brussels, 8 p.

European IPPC Bureau (2013). Best Available Techniques in the pulp and paper industry – final draft. EIPPCB, Sevilla, Spain.

Harmsen, P.F.H., Lips, S.J.J., Bosma, E.F., Schuitema, E., Koene, J. (2012). Bioraffinagesite Renkum-Wageningen - Inventarisatie mogelijke ketenactiviteiten. Wageningen UR, Food & Biobased Products, Wageningen, Nederland, 46 p.

INGEDE (2010). INGEDE press release 1/2010: Environmentally friendly première at IPEX: Two new inkjet printers are 'good deinkable'. INGEDE, München, Germany, 2 p.

INGEDE (2011). INGEDE press release 1/2011: DPDA–INGEDE Letter of Intent: Collaboration on Deinkability of Inkjet Prints. INGEDE, München, Germany, 2 p.

Jamnicki, S. & Handke T. (2013). Deinking possibilities in the reduction of mineral oil content from defined recovered paper grades. Abstract and poster presentation, COST - FTP Young Researchers' Forum 2013, 12-13/03/2013, Barcelona, Spain.

Johnsen, N., Bøg, C., Poll, C. & Larsen, H.F. (2006). Ecolabelling of printed matter - part I. Environmental Project No. 1110. Danish Ministry of the Environment, Environmental Protection Agency, Denmark, 82 p.

Lee, C.K., Ibrahim, D., Che Omer, I. (2013). Enzymatic deinking of various types of waste paper: efficiency and characteristics. Process Biochemistry, 48 (2), 299-305.

Leitner R. & Rosskopf, S. (2008). Identification of flexographic-printed newspapers with NIR spectral imaging. World Academy of Science, Engineering and Technology, 20, 476-481.

Marsidi, M., Westenbroek, A., Ringman-Beck, J. (2011). Maximum value from paper for recycling - Towards a multi-product paper mill - Project report. CEPI, Brussels, Belgium, 80 p.

Mombaerts, M., Vossen, M. (2010). Goed voor druk. Een praktische gids voor grafische communicatie en technieken. Academia Press, Gent, 438 p.

Nyman, K. & Hakala, T. (2011). Inkjet deinking with laccase. BioResources, 6(2), 1336-1350.

Shrinner, T. , Handke, T., Grossmann, H. (2012). New ways in stock preparation: adsorption deinking. EFPRO-CEPI Early Stage Researchers Workshop, 13/03/2012, Brussels, Belgium.

OVAM (2010). Het Vlaams uitgebreid milieu input-outputmodel. OVAM, Mechelen, 159 p.

Rauh, W. & Schiller, A. (2009). Final report on the project: De-inkability of UV inks. A joint project of INGEDE e.V. and RadTech Europe. Fogra Forschungsgesellschaft Druck e.V., Munich, 33 p.

Smets, T., Huybrechts, D. & Vanassche, S. (2013). Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor de grafische sector. VITO, Mol, 192 p.

Singh, A., Yadav, R.D., Kaur, A., Mahajan, R. (2012) An ecofriendly cost effective enzymatic methodology for deinking of school waste paper. Bioresource Technology, 120, September 2012, 322-327.

Stora Enso (2013). Bedrijfsbezoek op 07/10/2013.

Stora Enso (2013b). Website Stora Enso: www.storaenso.com, bezocht op 25/09/2013.

Verachtert, E. & Huybrechts, D. (2013). Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor Verf-, Lak-, Vernis-, Drukinkt- en Lijmproductie. Vierde draft. VITO, Mol, 157 p.

Vercalsteren, A., Jansen B., Moorkens, I., Van der Linden, A., Vercaemst, P. (2008). Opstellen en opvullen van de milieu-extensietabel van een Vlaams Milieu Input-Output Model – Finaal rapport., VITO, Mol, 72 p.

Villanueva, A. & Eder P. (2011). End-of-waste criteria for waste paper: technical proposals. JRC Scientific and Technical Reports, Sevilla, Spain

Wageningen UR (2013). Website Universiteit Wageningen, onderzoeksprogramma biobased materialen: http://www.wageningenur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/food-biobased-research/Onderzoeksprogrammas/Biobased-materialen/Agrovezels/Papier-en-karton-1.htm