



INSTYTUT BIOPOLIMERÓW I WŁÓKIEN CHEMICZNYCH

INSTITUTE OF BIOPOLYMERS AND CHEMICAL FIBRES



ul. Skłodowskiej-Curie 19/27, 90-570 Łódź, e-mail: ibwch@ibwch.lodz.pl, <http://www.ibwch.lodz.pl>,
tel sekret. +42 6376744, fax sekret. +42 6376214 tel centr. +42 6376510, fax centr.+42 6376501

Laboratorium Ochrony Środowiska

tel. 042 6380351, e-mail: michniewicz@ibwch.lodz.pl, nls@ibwch.lodz.pl

Zleceniodawca:

Ministerstwo Środowiska
ul. Wawelska 52/54
00-922 Warszawa

Umowa/Zlecenie

Nr: **3/BAT/2009** z dnia 11.02.2009r.

SPRAWOZDANIE

z pracy: „Analiza stanu techniki w zakresie
Najlepszych Dostępnych Technik dla branży celulozowo-papierniczej”

Etap: I/2009

Ograniczenie zużycia wody na maszynie papierniczej



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony
Środowiska i Gospodarki Wodnej, pochodzących z opłat
rejestracyjnych, na zlecenie Ministra Środowiska



Ministerstwo
Środowiska

dr inż. Danuta Ciechańska
Dyrektor

Autorzy pracy:

mgr inż. Michał Janiga

dr inż. Małgorzata Michniewicz

Praca pt.: *Analiza stanu techniki w zakresie Najlepszych Dostępnych Techniek dla branży celulozowo-papierniczej*, realizowana na zlecenie Skarbu Państwa – Ministra Środowiska, stosownie do umowy nr 3/BAT/2009, jest kontynuacją pracy na ten sam temat wykonywanej w latach 2006, 2007 i 2008 w związku z obowiązkiem krajów członkowskich UE systematycznego śledzenia kierunków rozwoju technik i technologii w poszczególnych sektorach przemysłu. Obowiązek taki wynika z §16 dyrektywy Rady 96/61/WE o zintegrowanym zapobieganiu i ograniczaniu zanieczyszczeń (IPPC).

Spis treści

	Strona
1. Wstęp	3
2. Woda świeża w procesie rozcieńczania środków pomocniczych	3
3. Techniki optymalizacji wykorzystania wody świeżej do rozcieńczania środków pomocniczych	4
3.1. Technika PERETO™	5
3.2. Technika TrumpJet®	6
4. Przykłady zastosowań	9
5. Wpływ na środowisko	9
6. Źródła informacji	10

1. Wstęp

Przemysł papierniczy jest postrzegany jako wodochłonna gałąź gospodarki. Wynika to z faktu, iż formowanie pilśni włóknistej (papieru) odbywa się w środowisku wodnym, w którym tylko niewielki ułamek masy stanowi substancja stała – włókno drzewne. Całkowite zamknięcie obiegu wodnego papierni i w ten sposób wyeliminowanie zużycia wody świeżej wprowadzanej jako woda uzupełniająca, aczkolwiek możliwe, jest jeszcze nieefektywne i nieopłacalne z punktu widzenia nakładów, które należałoby ponieść na wdrożenie technik odzysku wody i ich późniejszej eksploatacji. Na obecnym etapie rozwoju technologii wytwarzania papieru poszukuje się rozwiązań dzięki, którym będzie możliwe bardziej oszczędne gospodarowanie zasobami wody świeżej. Gospodarowanie takie przynoszące niewielkie oszczędności w skali lokalnej może przynieść znaczące efekty globalne.

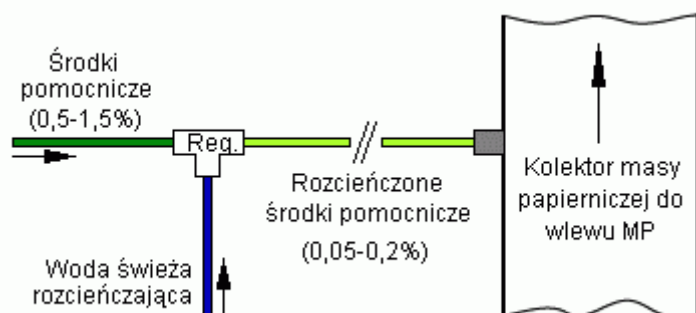
Przykładami zastosowania nowatorskich rozwiązań w zakresie oszczędzania wody są techniki PARETO™ opracowane przez firmę NALCO [1,2] oraz TrumpJet® firmy Wetend Technologies Ltd. [3,4,6]. Techniki te polegają na zastosowaniu do rozcieńczania środków pomocniczych, podawanych na maszynę papierniczą, wody technologicznej lub rozcieńczonej masy papierniczej – w miejsce wody świeżej. Firmy szacują, że zainstalowane dotychczas w fabrykach papieru systemy mieszania i dozowania chemikaliów dają istotne oszczędności wody świeżej (ponad 20 mln m³ w skali roku) i energii oraz redukcję emisji CO₂ na poziomie około 200 000 ton/rok.

2. Woda świeża w procesie rozcieńczania środków pomocniczych

Formowanie wstęgi papieru wymaga wprowadzenia do masy papierniczej dodatków chemicznych (środków pomocniczych). Wprowadzenie tych środków podyktowane jest warunkami prowadzenia procesu wytwórczego, odwadniania formowanej pilśni, właściwościami użytkowymi produktu finalnego (papieru) oraz przesłankami ekonomicznymi. Główną grupą środków pomocniczych, mających wpływ na ww. warunki produkcji, są tzw. środki retencyjne. Ich główną zaletą jest wzrost zatrzymania frakcji drobnej (zarówno włókna jak i wypełniaczy), poprawa stopnia zaklejenia papieru jego wybarwienia, przezroczca, poprawa odwadnialności wstęgi w części sitowej maszyny papierniczej.

Ubocznym aczkolwiek porządnym efektem działania tego rodzaju środków jest zmniejszenie obciążenie wód podsitowych frakcją drobną [5].

Wprowadzenie środków wspomagających wymaga dostosowania ich stężenia do warunków przepływu masy papierniczej podawanej do wlewu maszyny. Powszechnie stosowana technika - rys. 1 [1], polega na rozcieńczeniu środków pomocniczych wodą świeżą. Ilość podawanych środków ustalana jest w sposób eksperymentalny (obserwacja wstęgi papieru oraz wód podsitowych).



Rys. 1. Konwencjonalny system rozcieńczenia środków pomocniczych

Tradycyjna technika spełnia swoje zadanie jest jednak mało elastyczna, charakteryzuje się stosunkowo długim czasem korekty bieżących warunków, wynikającym z czasu wykonania obserwacji oraz reakcji zwrotnej a także określonym zużyciem wody świeżej.

3. Techniki optymalizacji wykorzystania wody świeżej do rozcieńczenia środków pomocniczych

Podejmowane próby zastąpienia wody świeżej wodą technologiczną, w wielu przypadkach, okazywały się nieefektywne, powodowały obniżenie wydajności maszyny papierniczej oraz zarastanie rurociągów doprowadzających te środki.

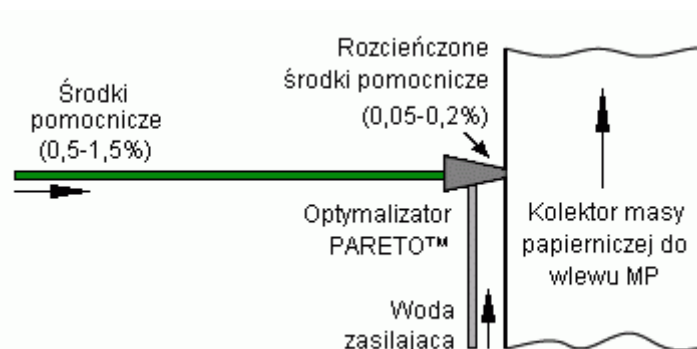
Proponowane przez firmy NALCO i Wetend Technologies rozwiązania, w których woda świeża zostaje zastąpiona wodami procesowymi, wydają się być pozbawione powyższych niedogodności.

Techniki, które mają szansę na wdrożenie w skali przemysłowej to:

- technika PARETO™ firmy NALCO,
- technika TrumpJet® firmy Wetend Technologies.

3.1. Technika PERETO™

Opracowana przez firmę NALCO [1,2] technika rozcieńczania środków pomocniczych podawanych do masy papierniczej bezpośrednio przed wlewem maszyny bazuje na zastosowaniu specjalizowanego układu optymalizującego - optymalizator PERETO™. Schemat układu przedstawia rys. 2.



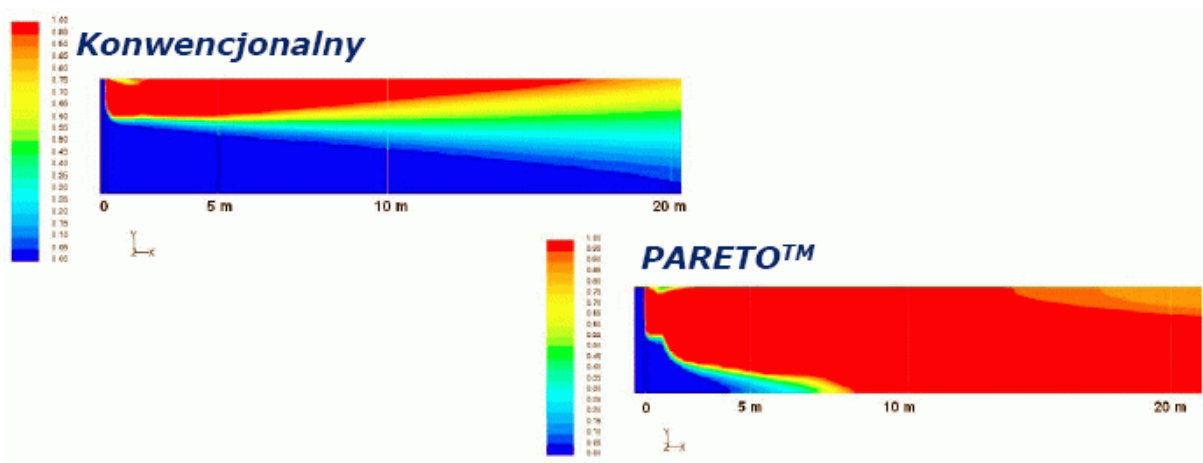
Rys. 2. Rozcieńczanie środków pomocniczych wg NALCO – system PARETO™

Sercem systemu PARETO jest optymalizator będący reaktorem fizyko-chemicznym instalowanym w części mokrej maszyny papierniczej, na rurociągu masy doprowadzanej do wlewu maszyny papierniczej.

Zasada działania systemu polega na zastosowaniu wody obiegowej do końcowego rozcieńczania środków pomocniczych i wstrzyknięciu tak przygotowanej mieszaniny do rurociągu masowego. Wprowadzony roztwór środka pomocniczego zostaje rozprowadzony w całej objętości strumienia masy.

Wykorzystanie wody obiegowej całkowicie eliminuje konieczność stosowania do rozcieńczania środków wody świeżej. Wpływa to zarówno na poprawę bilansu wodnego jak i energetycznego papierni.

Doprowadzane do urządzenia optymalizującego środki wspomagające oraz woda rozcieńczająca podlegają mieszanii i wstrzyknięciu do rurociągu masowego. Krótki czas kontaktu substancji chemicznych z masą obecną w wodzie rozcieńczającej nie wpływa na skuteczność zadziałania wprowadzanych do obiegu substancji. Na rys. 3 przedstawiono rozkład substancji środków wspomagających wprowadzanych do obiegu masowego maszyny papierniczej przy pomocy techniki konwencjonalnej oraz techniki PARETO [1].



Rys. 3. Rozkład stężeń substancji pomocniczych w rurociągu masowym przez i po zastosowaniu techniki PARETO

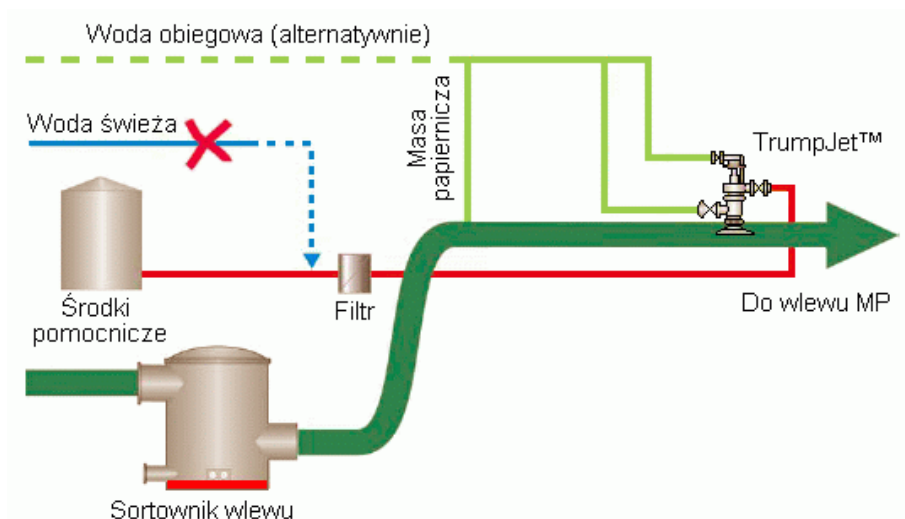
Pozytywne efekty wynikające z zastosowaniu systemu firmy NALCO to:

- ograniczenie zużycia wody świeżej,
- ograniczenie zużycia energii wykorzystywanej do podgrzania wody świeżej,
- zapobieganie powstawaniu nadmiernej flokulacji masy papierniczej podawanej do wlewu maszyny papierniczej,
- lepsza retencja frakcji drobnej,
- polepszenie własności papieru.

3.2. Technika TrumpJet®

Technika TrumpJet została opracowana i opatentowana przez firmę Wetend Technologies Ltd. z Finlandii [3,4] – rys. 4.

Technika TrumpJet polega na wstrzyknięciu mieszaniny środka pomocniczego i wody procesowej (rozcieńczona masa lub woda obiegowa) do rurociągu doprowadzającego masę papierniczą do wlewu maszyny papierniczej. Wykorzystanie wód procesowych do rozcieńczania całkowicie eliminuje wcześniej zużywaną do tego celu wodę świeżą oraz potrzebę jej dodatkowego ogrzewania. Wyeliminowanie ogrzewania medium rozcieńczającego wpływa w dalszej konsekwencji na zmniejszenie emisji CO₂, która powstałaby przy produkcji energii niezbędnej do tego celów grzewczych.



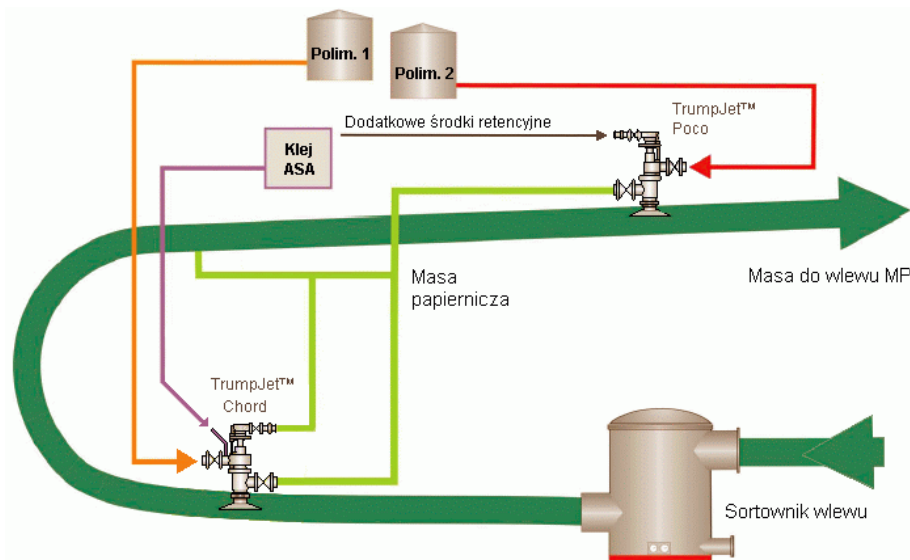
Rys. 4. Technika TrumpJet firmy Wetend Technologies

W wyniku dobrego mieszania masy papierniczej uzyskuje się bardziej jednorodne rozprowadzenie środków pomocniczych w całej jej objętości. Poprawia to w konsekwencji końcową jakość produktu oraz efektywności produkcji. Możliwe jest również uzyskanie znaczących oszczędności dodatków chemicznych, oszczędność ta zależy od asortymentu produkcji i może wynosić od 10 do 60%.

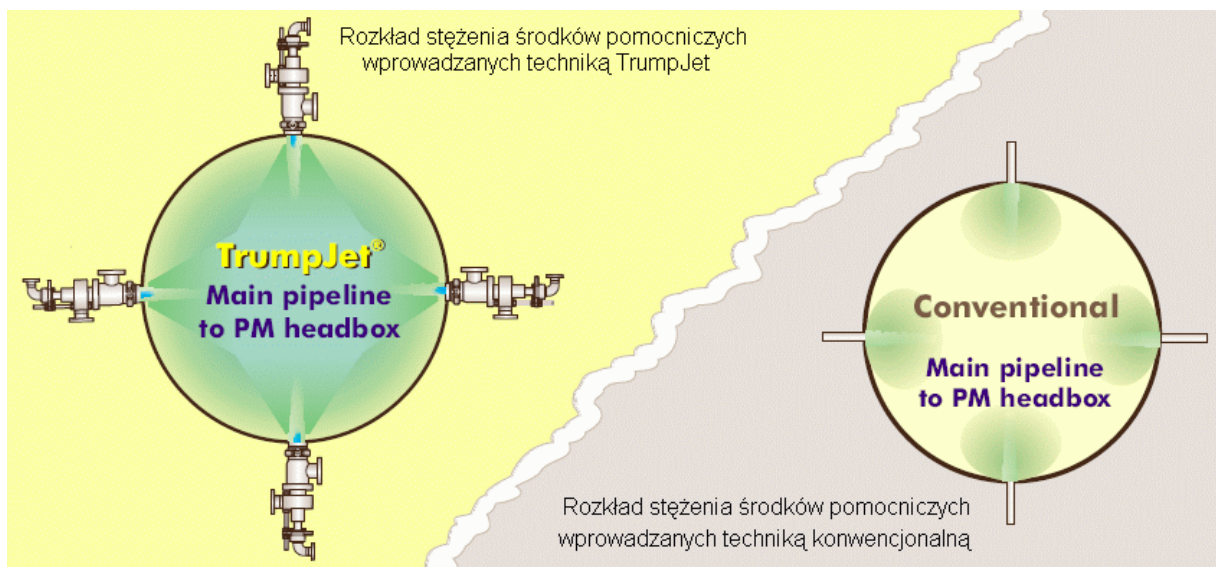
Technika TrumpJet umożliwia konstruowanie wielostopniowych układów dozowania substancji chemicznych, w których środki chemiczne mogą być podawane we wzajemnych mieszaninach lub odrębnie - rys. 5.

Wykorzystanie do rozcieńczenia środków pomocniczych wód zawłóknionych jest możliwe pod warunkiem zapewnienia minimalnego czasu kontaktu rozcieńczonego preparatu z przenoszonymi w nich włóknami celulozy i wypełniaczami. Rozcieńczone w sposób optymalny substancje pomocnicze zostają wstrzyknięte z dużą szybkością i po znacznym rozcieńczeniu do głównego strumienia masy, w którym następuje ich dalsze rozcieńczenie i wymieszanie. Usytuowanie urządzeń dozujących zostaje dobrane w taki sposób by został zapewniony właściwy, z punktu widzenia skutecznego zadziałania, czas kontaktu środka z masą papierniczą.

Na rys. 6 przedstawiono rozkład stężeń substancji pomocniczych w profilach poprzecznych rurociągów masowych w miejscu ich wprowadzania z zastosowaniem technikami TrupJet i techniki konwencjonalnej.



Rys. 5. Wielostopniowy układ mieszania dodatków środków wspomagających



Rys. 6. Rozkład stężeń substancji pomocniczych w rurociągu masowym przed i po zastosowaniu techniki TrumpJet

Zalety techniki TrumpJet:

- Innowacyjność systemu TrumpJet polega na wyeliminowaniu wody świeżej dotychczas stosowanej do rozcieńczania środków pomocniczych. Technika pozwala na całkowite jej zastąpienie wodami pochodzącymi z obiegu wodno-masowego papierni. System jest bardzo prosty do uruchomienia.
- Źródła i wielkość zasobów wodnych obiegu wodno-masowego są praktycznie nieograniczone. System utrzymuje stosunkowo duże objętości wstrzykiwanych preparatów odpowiednie do wielkości przepływu, zapewniając jednocześnie głęboką penetrację i

wymieszanie wprowadzanych do strumienia masy substancji chemicznych, dobre wymieszanie odbywa się w 1÷2 sekundy.

- System eliminuje potrzebę stabilizacji temperatury zapobiegającej wstrząsowi lub zaburzeniom chemicznym; temperatura nastrzyku i strumienia masy pozostają takie same. Dzięki zastosowaniu wody technologicznej minimalizuje się powstawanie tzw. depozytów wewnątrz układu masowego i na maszynie papierniczej. Technika może być stosowana w produkcji papierów wysokiej jakości bez obawy o jakość produktu.
- Dodatkowe korzyści to: znaczące oszczędności energii, redukcja emisji CO₂, eliminacja przedozowywania środków pomocniczych a tym samym zmniejszenie zużycia chemikaliów.

4. Przykłady zastosowań

Technika PARETO™ została zastosowana w około 20 zakładach papierniczych [1] (ilość oszacowana na podstawie doniesień literaturowych). W przypadku TrumpJet wdrożenie techniki nastąpiło w ponad 130 maszynach papierniczych działających w 17 różnych krajach [3].

Oba systemy stosowane są m.in. w instalacjach produkujących papiery: SC, gazetowe, drukowe, powlekane, LWC, do pisania, fotograficzne, na tapety, opakowaniowe, na warstwy składowe tektury falistej, itp.

5. Wpływ na środowisko

NALCO szacuje, że zainstalowane systemy PARETO mogą zapewnić w skali roku oszczędności: wody na poziomie 2,2 mln m³, energii elektrycznej 65 GWh oraz mogą zredukować emisje CO₂ o 15 000 ton. System PARETO został wdrożony m.in. w:

- Papierni produkującej papiery wielowarstwowe, na opakowania (w 2005r.), na rurociągu doprowadzającym masę na warstwę środkową. Dzięki temu rozwiązaniu uzyskano: poprawę profilu poprzecznego i stabilności układu, poprawę retencji i polepszenie formowania. Uzyskane oszczędności to zmniejszenie zużycia wody świeżej o ok. 200 000 m³/rok, zmniejszenie zużycia energii o ok. 7,6 GWh.

- Papierni wytwarzającej papiery LWC. W 2006r. zastąpiono 1-no punktowy system zasilania konwencjonalnego systemem PARETO. Rozwiązanie to wpłynęło m.in. na: poprawę pracy maszyny, zmniejszenie ilości dziur w części mokrej o 31%. Uzyskane oszczędności to zmniejszenie zużycia wody świeżej o ok. 114 000 m³/rok oraz zmniejszenie zużycia energii o ok. 4,98 GWh/rok.

Firma Wetend Technologies szacuje, że zainstalowane dotychczas zaawansowane systemy mieszania i dozowania chemikaliów TrumpJet przynoszą łącznie oszczędności około 17 ÷ 18 mln m³ wody świeżej rocznie [6]. Dzięki oszczędności energii używanej do podgrzewania wody świeżej możliwe jest zmniejszenie rocznej emisji CO₂ o około 150 000 – 200 000 ton. Przykłady wdrożenia systemu to m.in.:

- Papiernia w USA zastosowała opisaną technikę TrumpJet do mieszania i wstrzykiwania substancji chemicznych. Systemy zostały zainstalowane w 2004r. Dzięki temu roczne zużycie wody świeżej zostało zmniejszone o 1 mln m³. Wyeliminowano zużycie energii wynikające z ogrzewania wody świeżej. Oszczędność energii wyniosła 36 600 MWh w ciągu roku, co odpowiada redukcji emisji CO₂ na poziomie 10 000 ton rocznie. Optymalizacja procesu pozwoliła również na zmniejszenie zużycia substancji chemicznych o 22%.
- Zastosowanie pojedynczego systemu TrumpJet na dużej maszynie do produkcji papieru SC w USA do mieszania polimeru. Zużycie wody świeżej zmniejszyło się o 350 000 m³ rocznie, uzyskane oszczędności w zużyciu energii 16 100 MWh, doprowadziły do zmniejszenia emisji CO₂ o 4 400 ton.

6. Źródła informacji

1. da Silva Santos C., „Pareto – koncepcja wykorzystania wody procesowej do rozcieńczania środków retencyjnych”, materiały Międzynarodowej Konferencji PROGRESS’08, Kraków, 23-26 września 2008r.
2. NALCO: „PARETO™ Technology For Wet-End Optimization”, <http://www.nalco.com/pareto>.
3. Matula J.: „Immediate and efficient mixing of wet and additives close to PM headbox”, Wetend Technologies Ltd, Finlandia (www.wetend.com).

4. "TrumpJet[®], A new system for effective mixing of papermaking chemicals and additives", Wetend Technologies Ltd., Finlandia (www.wetend.com).
5. Przybysz K.: „Technologia celulozy i papieru. Technologia papieru”, część 2, s.135, WSiP, Warszawa, 1983.
6. Matula J.: "New efficient mixing system of papermaking additives cuts fresh water consumption", Wetend Technologies Ltd, Finlandia (http://wetend.com/media/Water_and_energy.pdf)



INSTYTUT BIOPOLIMERÓW I WŁÓKIEN CHEMICZNYCH

INSTITUTE OF BIOPOLYMERS AND CHEMICAL FIBRES



ul. Skłodowskiej-Curie 19/27, 90-570 Łódź, e-mail: ibwch@ibwch.lodz.pl, <http://www.ibwch.lodz.pl>,
tel sekret. +42 6376744, fax sekret. +42 6376214 tel centr. +42 6376510, fax centr.+42 6376501

Laboratorium Ochrony Środowiska

tel. 042 6380351, e-mail: michniewicz@ibwch.lodz.pl, nls@ibwch.lodz.pl

Zleceniodawca:

Ministerstwo Środowiska
ul. Wawelska 52/54
00-922 Warszawa

Umowa/Zlecenie

Nr: **3/BAT/2009** z dnia 11.02.2009r.

SPRAWOZDANIE

z pracy: „Analiza stanu techniki w zakresie
Najlepszych Dostępnych Technik dla branży celulozowo-papierniczej”

Etap: II/2009

**Najlepsze dostępne techniki jako narzędzie ochrony środowiska
przed zanieczyszczeniami z przemysłu
w świetle opinii ekspertów z Finlandii**



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony
Środowiska i Gospodarki Wodnej, pochodzących z opłat
rejestracyjnych, na zlecenie Ministra Środowiska



Ministerstwo
Środowiska

dr inż. Danuta Ciechańska
Dyrektor

Autorzy pracy:

dr inż. Małgorzata Michniewicz

mgr inż. Michał Janiga

Praca pt.: *Analiza stanu techniki w zakresie Najlepszych Dostępnych Technik dla branży celulozowo-papierniczej*, realizowana na zlecenie Skarbu Państwa – Ministra Środowiska, stosownie do umowy nr 3/BAT/2009, jest kontynuacją pracy na ten sam temat wykonywanej w latach 2006, 2007 i 2008 w związku z obowiązkiem krajów członkowskich UE systematycznego śledzenia kierunków rozwoju technik i technologii w poszczególnych sektorach przemysłu. Obowiązek taki wynika z §16 dyrektywy Rady 96/61/WE o zintegrowanym zapobieganiu i ograniczaniu zanieczyszczeń (IPPC).

Spis treści

	Strona
1. Wprowadzenie	3
2. Zasady ogólne związane z wykorzystaniem najlepszych dostępnych technik jako instrumentu ochrony środowiska	3
2.1. Różnica pomiędzy dopuszczalną emisją a poziomami BAT	6
2.2. Zbilansowane podejście	7
2.3. Ustalenie właściwych priorytetów	7
2.4. Całościowe wykorzystanie surowców (w tym odpadów)	8
3. Najlepsze dostępne techniki	8
3.1. Praca bez zakłóceń i proste procesy	8
3.2. Oddziaływanie na procesy i środowisko	9
3.3. Nowa technika, która powinna być uwzględniona jako BAT	9
3.4. Nowe paliwa stałe - torf	10
4. Nowe obiecujące techniki	10
5. Podsumowanie	11
6. Literatura	11

1. Wprowadzenie

Kraje członkowskie Unii Europejskiej, postanowieniem dyrektywy IPPC, są zobowiązane do wymiany informacji na temat rozwoju najlepszych dostępnych technik oraz do czynnego udziału w opracowywaniu dokumentów referencyjnych. W ramach wypełniania tego obowiązku firma konsultingowa Pöyry Forest Industry Consulting Oy na zlecenie Finnish Forest Industries Federation oraz Finnish Environment Institute opracowała raport pt.: "Continuum – Rethinking BAT Emissions of the Pulp and Paper Industry in the European Union" [1]. Raport stanowi przyczynek Finlandii do wymiany informacji w związku z rewizją dokumentu referencyjnego Komisji Europejskiej nt. BAT w przemyśle celulozowo-papierniczym.

Raport zawiera propozycje i sugestie dotyczące lepszego zrozumienia wykorzystania filozofii BAT jako narzędzia ochrony środowiska oraz dotyczące podniesienia jakości dokumentu BREF w drugim jego wydaniu (usunięcie błędów wydania I – grudzień 2001 [2]).

2. Zasady ogólne związane z wykorzystaniem najlepszych dostępnych technik jako instrumentu ochrony środowiska

Wykorzystanie najlepszych dostępnych technik jako instrumentu ochrony środowiska przed zanieczyszczeniami pochodzącymi ze źródeł przemysłowych, wynika bezpośrednio z dyrektywy IPPC. Jak wiadomo celem tej dyrektywy jest osiągnięcie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń powstających w wyniku działań wymienionych w załączniku I, prowadzącego do wysokiego poziomu ochrony środowiska jako całości. Podstawa prawna dyrektywy związana jest z ochroną środowiska naturalnego. Jej realizacja powinna przebiegać również w oparciu o inne cele Wspólnoty takie, jak na przykład konkurencyjność przemysłu wspólnotowego, przyczyniając się przez to do zrównoważonego rozwoju.

Ogólnie biorąc, zapobieganie jest najbardziej efektywną i preferowaną metodą obniżania emisji. Może być osiągnięte, przede wszystkim, przez wdrażanie odpowiednich technologii procesowych oraz technik organizacyjnych. Ograniczanie zanieczyszczeń polega na stosowaniu technik zewnętrznego oczyszczania emisji, tzw. „technik oczyszczania na wyjściu – technik końca rury”.

Konsekwencją decyzji o ustaleniu najlepszych dostępnych technik jako narzędzia ochrony środowiska jest konieczność prowadzenia ciągłej wymiany informacji na temat BAT. Rolę tą spełniają dokumenty referencyjne, poddawane cyklicznej rewizji. Cele tej wymiany informacji przedstawiono w wyszczególnieniu nr 25 do dyrektywy, w którym stwierdzono, że „opracowanie i wymiana informacji na temat najlepszych dostępnych technik na szczeblu wspólnotowym pomoże w niwelowaniu nierównowagi technologicznej w obrębie Wspólnoty, przyczyni się do upowszechniania na całym świecie granicznych wielkości emisyjnych i technik stosowanych we Wspólnocie oraz pomoże Państwom Członkowskim w skutecznej realizacji niniejszej dyrektywy.”

Określenie „najlepsze dostępne techniki” zostało zdefiniowane w art. 2 ust. 11 dyrektywy jako „najbardziej skuteczny i zaawansowany stopień rozwoju działań i metod eksploatacji, wskazujący na praktyczną przydatność poszczególnych technik do zapewnienia podstawy dla określenia granicznych wielkości emisyjnych służących zapobieganiu, a gdy nie jest to możliwe, ogólnie ograniczaniu emisji i wpływu na środowisko jako całość.

Dyrektywa IPPC dała podstawy do stworzenia systemu pozwoleń dla pewnych kategorii instalacji przemysłowych, wymagając zarówno od ich użytkowników, jak i od tworzących przepisy przyjęcia zintegrowanego, całościowego podejścia do potencjału danej instalacji w zakresie zanieczyszczeń i zużycia surowców. Ogólnym celem takiego podejścia musi być poprawa zarządzania i kontroli procesów przemysłowych, która zapewni wysoki poziom ochrony środowiska jako całości. Kluczowe znaczenie dla tego podejścia ma ogólna zasada przedstawiona w art. 3, zgodnie z którą użytkownicy powinni podjąć wszystkie właściwe działania zapobiegające zanieczyszczeniom, w szczególności poprzez stosowanie najlepszych dostępnych technik umożliwiających im osiągnięcie lepszych wyników w zakresie ochrony środowiska.

Celem dokumentów referencyjnych jest podanie ogólnych wskazówek dotyczących poziomów zużycia i emisji, które można traktować jako punkt odniesienia przy określaniu warunków wydawania pozwoleń opartych na BAT lub przy ustalaniu ogólnych zasad wiążących na mocy art. 9 ust. 8. Należy jednak podkreślić, że w dokumencie BREF nie proponuje się wartości limitów emisji (dopuszczalnych wartości emisji). Przy określaniu odpowiednich warunków pozwoleń trzeba brać pod uwagę czynniki lokalne, specyficzne dla danego miejsca takie, jak charakterystyka techniczna danej instalacji, jej lokalizacja geograficzna oraz lokalne warunki środowiska. W przypadku instalacji istniejących należy również rozważyć sensowność ich ulepszenia z ekonomicznego i technicznego punktu widzenia. Nawet tak oczywisty cel, jakim jest zapewnienie wysokiego poziomu ochrony środowiska jako całości, wymaga wyważenia ocen różnych oddziaływań na środowisko, zaś na ostateczną ocenę powinna mieć wpływ sytuacja lokalna.

Załącznik IV dyrektywy zawiera wykaz „okoliczności, które należy uwzględnić generalnie, lub w poszczególnych przypadkach, przy określaniu najlepszych dostępnych technik, biorąc pod uwagę prawdopodobne koszty i korzyści związane z zastosowaniem danego środka oraz zasady ostrożności i zapobiegania”. Okoliczności te obejmują informacje publikowane przez Komisję zgodnie z art. 16 ust. 2.

Właściwe organy odpowiedzialne za wydawanie pozwoleń przy określaniu warunków pozwolenia muszą brać pod uwagę ogólne zasady podane w art. 3 dyrektywy. Warunki te muszą obejmować graniczne wielkości emisyjne, które tam, gdzie to jest stosowne, zostaną uzupełnione lub zastąpione przez równoważne parametry lub środki techniczne. Zgodnie z art. 9 ust. 4 dyrektywy te graniczne wielkości emisyjne, równoważne parametry i środki techniczne muszą – bez uszczerbku dla standardów jakości środowiska – opierać się na najlepszych dostępnych technikach, bez zalecania stosowania jakiegokolwiek techniki lub konkretnej technologii, lecz przy uwzględnieniu właściwości technicznych danej instalacji, jej lokalizacji geograficznej oraz lokalnych warunków środowiska. W każdych okolicznościach warunki pozwolenia muszą obejmować postanowienia dotyczące minimalizacji emisji

zanieczyszczeń o dalekim zasięgu oraz zanieczyszczeń transgranicznych i muszą gwarantować wysoki poziom ochrony środowiska jako całości.

W celu opisania najlepszych dostępnych technik dla przemysłu celulozowo-papierniczego należy rozważyć następujące aspekty [2]:

- Nie istnieje pojedynczy przykład najlepszych dostępnych technik w przemyśle celulozowo-papierniczym. W przeciwieństwie do tego, lista technik, które należy wziąć pod uwagę w określaniu BAT dostarcza wiele różnych opcji całkowitego BAT dla konkretnych wytwórni, które to opcje mogą być łączone na różne sposoby.
- Koncepcja BAT odnosi się do procesów, jako że oddziaływanie na środowisko jest powodowane na tym poziomie, tzn. przez różne procesy wytwórcze, takie jak na przykład: roztwarzanie, bielenie, odbarwianie, powlekanie, itd. Te pojedyncze procesy, użyte surowce oraz właściwości produktu, które należy osiągnąć – wyznaczają emisję danej wytwórni. To oznacza, że w podejściu do przemysłu celulozowo-papierniczego należy wyróżnić różne rodzaje zastosowanych surowców oraz zaangażowanych procesów.
- Ponieważ produkty przemysłu celulozowo-papierniczego są wysoce zróżnicowane, a wykorzystywane procesy mogą się wielce różnić nawet dla jednego i tego samego produktu – wiele czynników z technologii produkcji musi być wzięte pod uwagę by zagwarantować wysoki poziom ochrony środowiska. Dla przemysłu celulozowo-papierniczego te najlepsze dostępne techniki nie mogą być zdefiniowane jedynie przez opisanie procesów jednostkowych. Zamiast tego całe instalacje muszą być zbadane i traktowane jako niezależne jednostki. Najlepsze dostępne techniki (BAT) w przemyśle celulozowo-papierniczym są związane z osiągnięciami fabryk w zakresie ochrony środowiska.
- Istnieją różne możliwości stosownych połączeń procesów, zależnie od – obok innych spraw – właściwości produktu, jakie należy osiągnąć. W konsekwencji, to zorientowane na proces podejście należy rozszerzyć do koncepcji zorientowanej na produkt, tzn. podejście BAT musi mieć związek z wynikami w zakresie ochrony środowiska określonych rodzajów fabryk, w których wytwarzane są określone produkty. Tak więc w dokumencie BREF najlepsze dostępne techniki przedstawia się oddzielnie dla głównych klas wytwórni.

Osiągany przez wytwórnie papieru wynik w zakresie ochrony środowiska jest wyrażony jako zakres wartości, zamiast pojedynczych wartości charakterystycznych. Odzwierciedla to fakt, że wyrób różnych rodzajów papieru wymaga różnych ilości oraz jakości surowców (np. masa siarczanowa, różne ściery, mieszanka mas, itd.), konsekwencją czego są różne poziomy emisji w odniesieniu do produktu finalnego. Wyższe emisje, powodowane przez stosowanie odpowiednio bardziej zanieczyszczających surowców lub procesów, mogą być w pewnym stopniu skompensowane przez intensywniejsze wysiłki na rzecz zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń. Zakresy emisji odzwierciedlają również fakt, że emisje do pewnego stopnia wahają się w czasie, np. między poszczególnymi latami nawet, gdy została zastosowana ta sama technika.

Może występować znaczna liczba wytwórni, które w pierwszej kolejności skoncentrowały się na emisjach do wody oraz na zużyciu wody, osiągając w tej dziedzinie bardzo dobre efekty. W następnej kolejności zakłady te zajęły się emisjami do atmosfery. Mogą one być mniej skuteczne w redukcji odpadów stałych. Jednak spełniając cel IPPC, wytwórnie winny próbować prowadzić i zarazem kontrolować cały układ w sposób zintegrowany, by zredukować emisje oraz oddziaływanie na środowisko jako całość. Stosując zasadę zintegrowanego podejścia, staje się oczywiste, że poziomy emisji odpowiadające BAT mogą być osiągnięte na różne sposoby, to znaczy istnieje zazwyczaj kilka opcji dla osiągnięcia podobnych poziomów emisji.

Ostateczny wybór stosownej kombinacji środków zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń jest na ogół nieco odmienny w istniejących fabrykach i w nowych wytwórniach. Ponadto, zainstalowanie BAT w istniejących fabrykach jest na ogół bardziej kosztowne. Jest to spowodowane ograniczeniami w dokonywaniu zmian już utrwalonych rozwiązań, kosztami montażu, gdy zakład jest w ruchu (koszty postojów), a także faktem, że niektóre techniki mogą być użytkowane w krótszym okresie czasu niż w nowych wytwórniach (krótszy czas amortyzacji). W istniejących fabrykach mogą też pojawiać się problemy wynikające z ograniczeń miejsca dla nowej inwestycji.

Należy zauważyć, iż brak harmonizacji metod pomiarowych i analitycznych, stosowanych w różnych krajach europejskich oraz zmienność użytkowanych systemów procesowych i paliw, utrudniają czasami bezpośrednio porównanie poziomów emisji pomiędzy krajami. W kontekście wymiany informacji na temat BAT występuje potrzeba poprawy porównywalności danych odnoszących się do wyników osiągniętych przez fabryki w zakresie ochrony środowiska.

Autorzy Raportu [1] uważają, że wśród kluczowych zasad wykorzystania idei BAT i posługiwania się dokumentami BREF jest kilka, które należy szczególnie wyróżnić i podkreślić:

1. Poziomy BAT nie są limitami emisji (ustalonymi w pozwoleniu),
2. Zasada zbilansowanego podejścia,
3. Zasadniczą kwestią jest ustalenie właściwych priorytetów,
4. Całościowe i wyczerpujące zagospodarowanie wszystkich surowców.

2.1 Różnica pomiędzy dopuszczalną emisją a poziomami BAT

Poziomy BAT prezentowane w dokumencie BREF nie stanowią limitów dopuszczalnej emisji. Zostało to wspomniane w BREF'ie ale wydaje się, że przesłanie to zniknęło w pokaźnym dokumencie. Bezpośrednie wykorzystanie poziomów BAT jako wartości do pozwolenia jest błędne z kilku przyczyn:

1. Warunki pozwolenia są oparte na prawodawstwie krajowym;
2. Przy ustalaniu warunków pozwolenia należy brać pod uwagę lokalne warunki: środowiskowe, socjalne i ekonomiczne. Lokalne warunki mogą narzucać surowsze lub łagodniejsze podejście do limitów emisji;

3. W procesie ustalania warunków pozwolenia muszą być brane pod uwagę parametry konkretnego zakładu jak charakterystyka techniczna, wielkość i rodzaj produkcji itp.;
4. Poziomy BAT są zazwyczaj wyrażone za pomocą wskaźników średnich rocznych, nie mogą w tej postaci być bezpośrednio wykorzystane jako wartości dopuszczalne;
5. Wartości BAT prezentowane w BREF nie otrzymuje się w sposób systematyczny, są one kompilowane z wielu różnorodnych źródeł;
6. Należy się nadal trzymać tego co napisano we wstępie do aktualnego BREF'u: „Celem jest podanie ogólnych wskazówek dotyczących poziomów zużycia i emisji, które można traktować jako punkt odniesienia przy określaniu warunków wydawania pozwoleń opartych na BAT lub przy ustalaniu ogólnych zasad wiążących na mocy art. 9 ust. 8. Należy jednak podkreślić, że w niniejszym dokumencie nie proponuje się wartości limitów emisji (dopuszczalnych wartości emisji).”
7. W europejskim przemyśle celulozowo-papierniczym dość powszechne są duże zintegrowane zakłady, wytwarzające zróżnicowane produkty (multiproduct integrated complexes). Nie jest możliwe opracowanie dokumentu BREF, który uwzględniałby wszystkie możliwe warianty takich wielo-produktowych zintegrowanych wytwórni.

2.2. Zbilansowane podejście (spojrzenie)

Dyrektywa IPPC zaleca by wszystkie parametry środowiskowe – emisje do powietrza i wody, odpady stałe a także zużycie energii i surowców – były ocenione w sposób zintegrowany. Według autorów Raportu należałoby do tego dodać zasadę zbilansowanego spojrzenia z uwzględnieniem warunków lokalnych. Chodzi o uniknięcie pułapki „fabryki widma” – tzn. skonstruowania wizji hipotetycznej, nie istniejącej instalacji, która uzyskuje najlepsze efekty środowiskowe w odniesieniu do wszystkich elementów środowiska. Nawet fabryki nowoczesne, stosujące w wysokim stopniu techniki BAT mają swoje mocne i słabe obszary. Autorzy uważają, że sytuacja bycia najlepszym we wszystkich kategoriach środowiskowych i jednocześnie wytwarzania konkurencyjnych produktów jest nierealna. Ilustruje to rysunek 2-1 na str. 11 Raportu.

2.3. Ustalenie właściwych priorytetów

Każda dobrze prowadzona fabryka tworzy własny program inwestycyjny obejmujący rozwój i poprawę efektów środowiskowych. Program ten zazwyczaj zawiera priorytety zależne od specyfiki oraz charakterystyki technicznej zakładu a także lokalnych warunków środowiskowych i wymagań odnośnych władz. Nie można wytyczyć ogólnych zasad i sposobów działania, wybory priorytetów są zawsze zależne od konkretnej sytuacji. W dodatku, najczęściej, dokonane wcześniej wybory w obszarze technologii oddziałują długoterminowo na dalsze możliwe opcje techniczne w innych częściach procesu.

Priorytety mogą polegać na wyborze celu jaki trzeba osiągnąć w pierwszej kolejności, np.: ograniczenie emisji do wód i zużycia wody. Programowanie i właściwe ustalenie priorytetów jest szczególnie ważne gdy planuje się zastosować tzw. środki wewnętrzne czyli zmiany procesu a nie tylko techniki oczyszczania – „techniki końca rury”. W większości przypadków nie jest ekonomicznie i technicznie możliwe inwestowanie jednocześnie w kilka technik

BAT. Dlatego planowanie w celu ustalenia właściwych priorytetów jest bardzo ważne i powinno być zaliczone do technik organizacyjnych.

2.4. Całościowe wykorzystanie surowców (w tym odpadów)

Autorzy Raportu [1] krytykują tradycyjny podział surowców i produktów końcowych procesu produkcyjnego na „produkty” i „odpady”. Uważają, że taki podział nie zachęca do pełnego wykorzystania materiałów, będących w dyspozycji. Sprawę jeszcze pogarsza aktualna definicja odpadów oraz istniejące przepisy w zakresie statusu i wykorzystania materiałów uznawanych za odpady. W wielu przypadkach ogranicza to możliwości optymalnego wykorzystania tych materiałów. W przemyśle celulozowo-papierniczym powstaje wiele produktów ubocznych (uznawanych obecnie za odpady), które mogą i powinny być w pełni wykorzystywane. Efektywne i całościowe wykorzystanie wszystkich materiałów, które mają potencjał użycia ich jako surowców, powinno być uważane za BAT oraz powinny być w możliwie dużym stopniu usunięte bariery prawne w tym zakresie.

Autorzy Raportu rozważyli bardziej szczegółowo dwa przykłady materiałów odpadowych w kontekście możliwości ich ponownego użycia:

- wydzielone mechanicznie osady ze ścieków papierniczych, będące mieszaniną kaolinu i włókien,
- popioły lotne z instalacji przemysłowych.

3. Najlepsze dostępne techniki BAT

3.1. Praca bez zakłóceń i proste procesy

W rozdziałach BREF’u opisujących najlepsze dostępne techniki należy szczególnie podkreślić potrzebę zapewnienia pracy bez zakłóceń oraz minimalizacji emisji przypadkowych. Bezawaryjna praca instalacji daje poprawę wszystkich wskaźników środowiskowych a także obniżenie kosztów produkcji. Natomiast z drugiej strony awarie, przerwy w działaniu urządzeń i wszelkie zakłócenia powodują pogorszenie tych wskaźników. Praca bez zakłóceń oprócz zapewnienia niskich poziomów emisji wpływa także pozytywnie na jakość produktów.

Głównym sposobem zapewnienia pracy bez zakłóceń jest stosowanie możliwie uproszczonych procesów. Dobre sterowanie prostym układem jest łatwiejsze a ponadto uproszczenie procesu ma kilka innych zalet:

- Prostszy proces wytwarzania masy włóknistej i papieru redukuje koszty inwestycyjne oraz jest łatwiejszy do prowadzenia i konserwacji.
- Dodatkowe urządzenia zainstalowane w układzie np. w celu obniżenia emisji zazwyczaj oddziałują na cały proces, powodując chociażby wzrost zużycia energii. Zatem zamiast dodawać kolejne urządzenia bardziej sensowna mogłaby się okazać optymalizacja wyjściowego układu w celu zrobienia go prostszym i bardziej funkcjonalnym.

- Tradycyjnie papiernicy rozbudowują systemy kontroli i sterowania wraz ze zwiększaniem wydajności produkcji. Zamiast tego można zastosować nowoczesne systemy optymalizacji i symulacji procesów co dałoby zmniejszenie wymaganej ilości pomiarów kontrolnych.
- Uproszczenie procesu można uzyskać poprzez połączenie stopni procesowych. Na przykład, w odniesieniu do maszyny papierniczej pojawiają się próby połączenia sekcji formowania z sekcją prasową. Innym przykładem jest rozwój technologii impulsowej, która stara się łączyć sekcję prasową z pierwszym stopniem suszenia papieru.
- Uproszczony proces jest korzystny ekonomicznie w szczególności dla produkcji w małej skali.

3.2. Oddziaływanie na procesy i środowisko (Cross-media effects)

Autorzy Raportu [1] uważają, że w stosunku do pierwszego BREF'u jeszcze większy nacisk należy położyć na możliwe wzajemne oddziaływania pomiędzy technikami BAT a procesami i wynikami środowiskowymi. Brak informacji na temat tych wzajemnych powiązań oraz brak zintegrowanego spojrzenia może powodować podejmowanie złych decyzji. Jako przykłady takich oddziaływań i ich skutków, w Raporcie przedyskutowano następujące przypadki:

- Zamknięte obiegi wodne maszyny papierniczej
Korzyści/zalety to: zmniejszenie zużycia wody świeżej oraz ilości ścieków.
Słabe strony: bardziej skomplikowany proces, wzrost zużycia energii i wytwarzania odpadów stałych, wzrost częstotliwości zrywów na maszynie, wzrost awaryjności, możliwe pogorszenie jakości produktu.
- Trzeci stopień oczyszczania ścieków (oczyszczanie trzeciorzędowe – zazwyczaj metodami chemicznymi)
Korzyści/zalety to: osiągnięcie wymaganych wskaźników jakościowych ścieków odprowadzanych do odbiornika, koszty inwestycyjne na ogół niższe niż rozbudowa stopnia biologicznego lub budowa nowej oczyszczalni.
Słabe strony: wysokie koszty chemikaliów i koszty operacyjne, duże ilości osadów ściekowych o wysokim stopniu uwodnienia i słabej odwadnialności, kłopotliwe do zagospodarowania.

3.3. Nowa technika, która powinna być uwzględniona jako BAT

Autorzy Raportu [1] wskazują na nową technikę bielenia masy celulozowej, która powinna być uznana za BAT i włączona do BREF'u. Polega na włączeniu do sekwencji bielenia nowego stopnia: usuwanie z masy celulozowej kwasów hexenuronowych poprzez łagodną hydrolizę w środowisku kwaśnym. Metoda ta jest odpowiednia dla masy liściastej, w szczególności dla masy produkowanej z eukaliptusa. Główne zalety techniki to obniżenie zużycia chemikaliów bielących i lepsza stabilność białości końcowego produktu.

Kwasy heksenuronowe (HexA), powstające w procesie roztwarzania metodą siarczanową, reagują z chemikaliami bielącymi, zużywając je bez efektu bielenia masy. W sekwencji bielenia stopień kwasowy usuwania HexA powinien być ulokowany przed stopniem ClO₂. Hex A nie mogą być usuwane w stopniu delignifikacji tlenowej ani przed tym stopniem. Jeżeli, jednakże, nie zostaną usunięte przed pierwszym stopniem ClO₂ to ich obecność powoduje zużywanie dwutlenku chloru i obniżanie efektywności bielenia w tym stopniu.

Efekt środowiskowy tej nowej techniki jest ewidentny, gdyż jak wiadomo instalacja bielienia w metodzie siarczanowej produkcji masy celulozowej bielonej ma bardzo istotny udział w obciążeniu ścieków technologicznych. Gdy obniża się zużycie chemikaliów bielących, zmniejsza się emisje zanieczyszczeń do ścieków i tym samym oddziaływanie na środowisko.

3.4. Nowe paliwa stałe - torf

Przedstawiona w aktualnym dokumencie BREF sytuacja i zalecenia w zakresie emisji energetycznych oraz stosowanych paliw nie uwzględnia niektórych kategorii paliw, które są obecnie szeroko stosowane w przemyśle celulozowo-papierniczym. W związku z tym należy w tym miejscu dodać kategorię „inne paliwa stałe”, która to kategoria obejmowałaby również torf (peat). Dla kategorii „inne paliwa stałe” należałoby podać referencyjne zakresy wartości związane z BAT.

Torf jest rzadko używany jako jedyne paliwo, jednakże jego udział w mieszance paliwowej może mieć wpływ na wielkości emisji. Skład torfu zależy od jego jakości i może być zmienny, jednak na ogół zawartość zarówno azotu jak i siarki w torfie jest wyższa niż w innych paliwach biomasowych.

4. Nowe obiecujące techniki

Rozdziały BREF’u zajmujące się rozwojem nowych technik są bardzo ważne, pokazują, że dzisiejszy BAT nie jest ostateczny. Jednakże, często trwa to kilka lat lub nawet dekady zanim technika testowana w skali laboratoryjnej będzie zastosowana w skali przemysłowej i może być rozważana jako BAT. W tym kontekście bardzo istotne jest zrozumienie, że nie wszystkie techniki wschodzące (emerging techniques) będą automatycznie przenoszone do kategorii technik BAT. Z kolei pojawiają się zupełnie nowe rozwiązania, które bardzo szybko stają się BAT, bez wpisywania ich na listę technik wschodzących.

Autorzy Raportu wnioskują by rozdziały zajmujące się nowymi technikami zawierały czytelną, jasną i treściwą analizę kierunków rozwoju aktualnych technologii oraz wybranych technik. Uważają ponadto, że najważniejsze bieżące trendy rozwojowe w przemyśle celulozowo-papierniczym można sprowadzić do poszukiwania rozwiązań poprawiających efektywność kosztową oraz zwiększających jakość produktu końcowego.

Poszukiwane rozwiązania powinny, w szczególności, dotyczyć następujących obszarów:

- skuteczności energetycznej,
- obniżenia zużycia wody (możliwe obniżenie jakości wody procesowej),
- obniżenia zużycia surowców (poprzez np. obniżenie gramatur produkowanych papierów),
- niższe koszty inwestycyjne / krótszy czas zwrotu,
- dłuższy czas życia części wymiennych / odzieży maszynowej,
- zwiększenie efektywności czasowej,
- lepszą kontrolę i sterowanie np. poprzez automatyzację procesów.

5. Podsumowanie

Autorzy Raportu [1] w pełni popierają ideę wykorzystania najlepszych dostępnych technik jako instrumentu ochrony środowiska. Jednocześnie wskazują na błędy i potrzebę korekty dokumentu referencyjnego w jego drugim wydaniu. Ich zdaniem należy ten dokument wzbogacić w nowe informacje, uczynić bardziej spójnym, użytecznym i czytelnym.

Do kluczowych przesłanek Raportu należą:

- Utrzymanie w mocy i podkreślenie kluczowych zasad BAT/BREF,
 - Poziomy BAT nie są ustalonymi w pozwoleniu, wartościami dopuszczalnej emisji. Zasada ta została zapisana w BREF'ie ale wydaje się, że przesłanie to zniknęło w pokaznym dokumencie,
 - W procesie podejmowania decyzji, w każdym przypadku potrzebne jest zbilansowane uwzględnienie wszystkich możliwości i okoliczności,
 - Ustalanie właściwych priorytetów – dokonywane wybory zazwyczaj mają wpływ na wybory późniejsze,
 - Całościowe wykorzystanie surowców – zwrócenie większej uwagi na wykorzystanie produktów ubocznych i materiałów odpadowych o potencjale surowcowym.
- Zwrócenie szczególnej uwagi na pracę instalacji bez zakłóceń oraz wzajemne oddziaływanie pomiędzy procesami i środowiskiem (cross-media effects),
- Rozdział zajmujący się technikami wschodzącymi (nowymi) powinien być ulepszony w taki sposób by dawał więcej informacji o tych technikach oraz pokazywał rzeczywiste kierunki rozwoju aktualnie stosowanych technologii,
- Potrzebna jest rewizja niektórych poziomów BAT.
Autorzy Raportu uważają, że nie wszystkie zakresy wskaźników BAT są przekonujące, tzn. że nie są na tym samym poziomie surowości (nie wszystkie powinny być uznawane za BAT jako zbyt łagodne). Dotyczy to np.:
 - niektórych wskaźników emisji do powietrza (pyły i NO_x),
 - dla produkcji papieru z mas mechanicznych rewizji wymagają wskaźniki BAT emisji do wód (ChZT i zawiesina),
 - powinny zostać uaktualnione wskaźniki zużycia energii.

Autorzy raportu wyrazili ponadto opinię, że: „Techniki BAT niekoniecznie i nie zawsze idą w parze z poziomami emisji uznawanymi za BAT (with BAT emissions levels)”.

6. Literatura

- [1] Nilsson P., Puurunen K., Vasara P., Jouttijärvi T.: Continuum – “Rethinking BAT Emissions of the Pulp and Paper Industry in the European Union”, Finnish Environment Institute, ISBN 978-952-11-2642-0, Helsinki 2007
- [2] European Commission: “Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry”, grudzień 2001.



INSTYTUT BIOPOLIMERÓW I WŁÓKIEN CHEMICZNYCH

INSTITUTE OF BIOPOLYMERS AND CHEMICAL FIBRES



ul. Skłodowskiej-Curie 19/27, 90-570 Łódź, e-mail: ibwch@ibwch.lodz.pl, <http://www.ibwch.lodz.pl>,
tel sekret. +42 6376744, fax sekret. +42 6376214 tel centr. +42 6376510, fax centr.+42 6376501

Laboratorium Ochrony Środowiska

tel. 042 6380351, e-mail: michniewicz@ibwch.lodz.pl, nls@ibwch.lodz.pl

Umowa/Zlecenie Nr:

3/BAT/2009 z dnia 11.02.2009r.

Zleceniodawca:

Ministerstwo Środowiska
ul. Wawelska 52/54
00-922 Warszawa

Kierownik tematu:

dr inż. Małgorzata Michniewicz

SPRAWOZDANIE

z pracy: „Analiza stanu techniki w zakresie
Najlepszych Dostępnych Technik dla branży celulozowo-papierniczej”

Etap: III/2009

Minimalizacja wytwarzania odpadów przy produkcji papieru z włókien wtórnych
– technika Papcel



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony
Środowiska i Gospodarki Wodnej, pochodzących z opłat
rejestracyjnych, na zlecenie Ministra Środowiska



dr inż. Danuta Ciechańska
Dyrektor

Łódź, wrzesień 2009

Autorzy pracy:

mgr inż. Michał Janiga

dr inż. Małgorzata Michniewicz

Spis treści

	Strona
1. Wprowadzenie	2
2. Charakterystyka techniki	2
2.1. Rozwłóknianie makulatury i separacja zanieczyszczeń grubych	2
2.2. Wstępne oddzielanie zanieczyszczeń ciężkich i lekkich	3
2.3. Układ frakcjonowania i sortowania drobnego	5
2.4. Frakcjonowanie i fibrylacja frakcji długowłóknistych	6
2.5. Układ doprowadzenia masy do maszyny papierniczej	6
3. Aspekty ekologiczne	8
4. Aspekty ekonomiczne	8
5. Źródła informacji	9

Załączniki: Kopie materiałów źródłowych

Praca pt.: *Analiza stanu techniki w zakresie Najlepszych Dostępnych Techniek dla branży celulozowo-papierniczej*, realizowana na zlecenie Skarbu Państwa – Ministra Środowiska, stosownie do umowy nr 3/BAT/2009, jest kontynuacją pracy na ten sam temat wykonywanej w latach 2006, 2007 i 2008 w związku z obowiązkiem krajów członkowskich UE systematycznego śledzenia kierunków rozwoju technik i technologii w poszczególnych sektorach przemysłu. Obowiązek taki wynika z §16 dyrektywy Rady 96/61/WE o zintegrowanym zapobieganiu i ograniczaniu zanieczyszczeń (IPPC).

1. Wprowadzenie

Duże znaczenie, które nadaje się właściwemu zagospodarowaniu surowców papierniczych, zwłaszcza tzw. recykling surowców wtórnych, wpływa na poszukiwanie nowych i doskonalenie istniejących technik odzysku włókna. Włókno celulozowe zawarte w makulaturze jest obecnie uważane za pełnowartościowy surowiec do produkcji różnych asortymentów papieru. Jednocześnie jego odzysk obarczony jest znacznymi kosztami wynikającymi ze zużycia surowców, energii i innych mediów, strat włókien, wytwarzania odpadów, kosztów dozoru i konserwacji urządzeń.

Przykładem rozwiązań zmierzających do minimalizacji powyższych kosztów jest technika opracowana przez firmę Papcel a.s. Technika dotyczy przerobu makulatury OCC i OMP (Old Corrugated Containers i Office Mixed Paper) na dwuwarstwowe papiery opakowaniowe i jest realizowana w nowo-skonstruowanej linii technologicznej. Zamierzony efekt optymalizacji procesu i minimalizacji kosztów osiągnięto dzięki wprowadzeniu własnych innowacyjnych rozwiązań oraz dzięki wysokiej niezawodności obsługi całej linii. Technika została scharakteryzowana i omówiona szczegółowo w trakcie Międzynarodowej Konferencji Papierniczej PROGRESS'08¹⁾.

Zalety techniki pod względem oddziaływania na środowisko można ocenić na podstawie ograniczenia ilości powstających odpadów, w tym w szczególności minimalizacji strat włókien oraz zmniejszenia zużycia energii elektrycznej w całym cyklu przygotowania masy papierniczej.

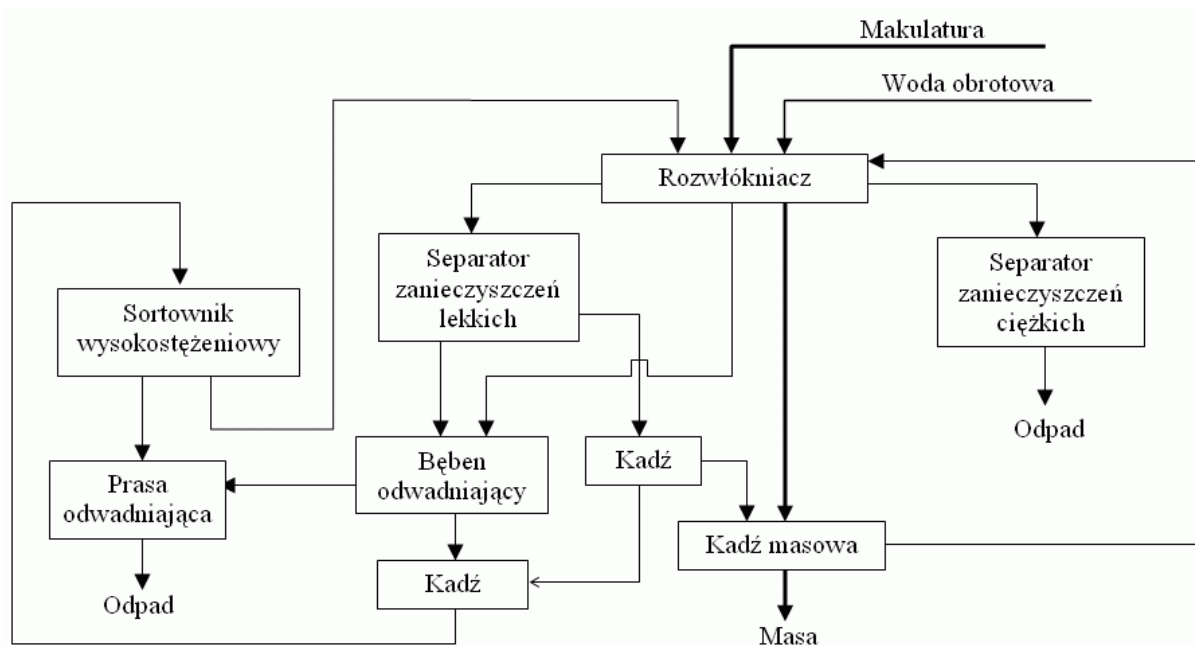
Zaproponowana linia do przerobu makulatury składa się z następujących układów:

1. Układ rozwłókniania makulatury w niskostężeniowym rozwłókniaczu pionowym wyposażonym w kompleksowy system separacji zanieczyszczeń.
2. Układ wstępnego usuwania zanieczyszczeń w układzie sitowych sortowników ciśnieniowych i separatorów.
3. Układ sortowania drobnego i frakcjonowania zawiesiny o średnim stężeniu w hydrocyklonach i szczelinowych sortownikach ciśnieniowych.
4. Układ klasycznego frakcjonowanie i fibrylacji frakcji długowłóknistej z możliwością jej wzbogacenia poprzez dodatek długich włókien.
5. Układ końcowego oczyszczania masy z drobnych zanieczyszczeń ciężkich i pęczków włókien.

2. Charakterystyka techniki

2.1. Rozwłóknianie makulatury i separacja zanieczyszczeń grubych

Proces rozwłókniania makulatury odbywa się w sposób ciągły. Głównym urządzeniem układu jest rozwłókniacz makulatury ciągłego działania. Operacje obsługi tego urządzenia ograniczają się do załadunku surowca na przenośnik taśmowy. Pozostałe operacje takie jak regulacja stężenia, dozowanie wody, odbiór masy odbywają się w sposób automatyczny. Wyprodukowana masa makulaturowa odprowadzana jest do kadzi masowej, z której zostaje skierowana do dalszej obróbki. Urządzenia zestawione według przedstawionego poniżej schematu (rys. 1) pozwalają na niemal 80%-owe usunięcie zanieczyszczeń wprowadzanych z surowcem. Oddzielenie zanieczyszczeń od włókna celulozowego następuje już na etapie rozwłókniania makulatury.



Rys. 1. Uproszczony schemat układu rozwłókniania i wstępnego oczyszczenia makulatury

Zalety w porównaniu z tradycyjną instalacją hydropulpera

- Automatyczna praca ciągła układu; obsługa ogranicza się do podawania bel makulatury na przenośnik i przecinania drutów scalających bele.
- Efektywne usuwanie wszelkiego rodzaju „dużych” zanieczyszczeń.
- Niezawodne działanie, rutynowa konserwacja i niskie wymagania w stosunku do obsługi.
- Bardzo czyste odrzuty – prawie bez start włókien.
- Niska zawartość wody w odrzutach - sucha substancja na poziomie 50÷60%.
- Całkowite jednostkowe zużycie energii elektrycznej 26÷30 kWh/t.

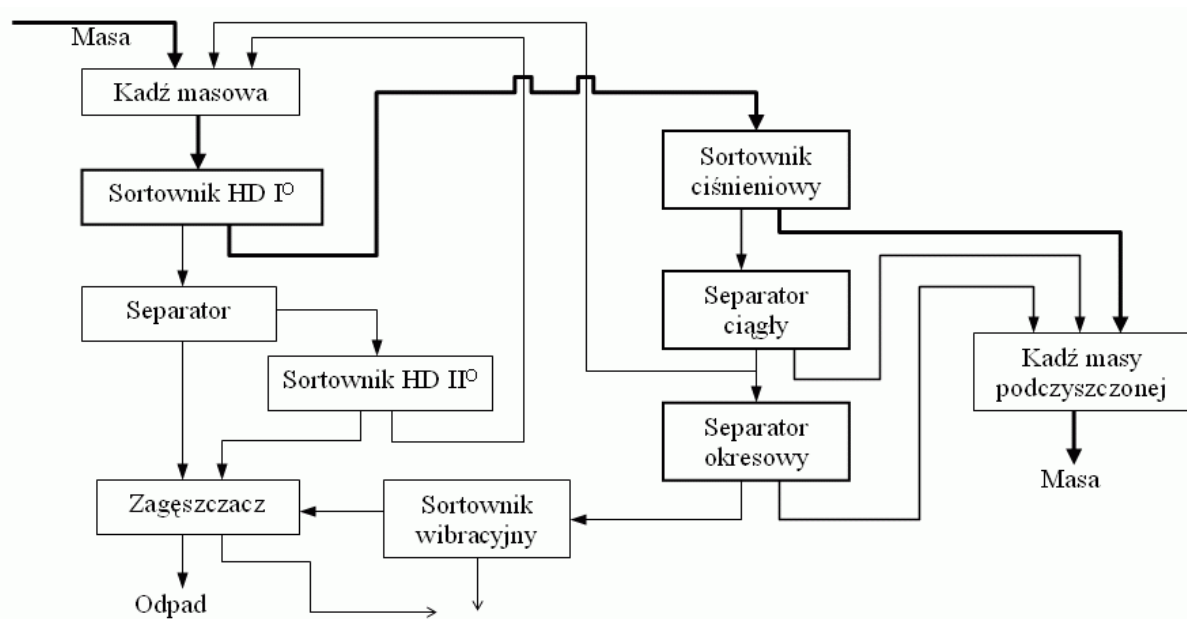
2.2. Wstępne oddzielenie zanieczyszczeń ciężkich i lekkich

Przetransportowana do kadzi masowej, masa makulaturowa zawiera stosunkowo duże ilości zanieczyszczeń ciężkich i lekkich. Zanieczyszczenia te zostają oddzielone w dwustopniowym układzie sortowników wysoko-stężeniowych (HD), zintegrowanym z międzystopniowym oddzieleniem większych zanieczyszczeń w piaseczniku - separatorze. Oddzielone zanieczyszczenia ciężkie są kierowane do wspólnego układu odwadniania w separatorze piasku. Uproszczony schemat tego fragmentu obiegu masowego przedstawia rys. 2.

Układ oddzielania zanieczyszczeń ciężkich

Makulaturowa masa papiernicza z kadzi masowej podawana jest do I stopnia oczyszczania (sortowniki HD I⁰), z którego po oczyszczeniu zostaje skierowana do sortownika ciśnieniowego. Masa z odrzutu, po oddzieleniu zanieczyszczeń w separatorze piasku i w II stopniu oczyszczania (sortownik HD II⁰) zostaje zawrócona do kadzi masowej natomiast odpad z separatora i II stopnia HD zostają wspólnie zagęszczane w zagęszczaczu osadu.

Sortowniki ciśnieniowe należą do najważniejszych produktów firmy Papcel. Od lat są one z powodzeniem stosowane jako urządzenia do frakcjonowania, wyłwiacze sęków oraz sortowniki szczelinowe do segregowania masy drobnej. W związku z rozwojem technologii przeznaczonych dla wysokowydajnych linii produkcyjnych, Papcel dokonał modyfikacji swoich urządzeń z grupy STU, przeznaczonych do wstępnego sortowania makulatury. Opracowane nowe sortowniki ciśnieniowe typu STU²⁾ mogą przetwarzać również zgrubnie rozwłóknione, gruboziarniste i bardzo zanieczyszczone masy w sitach sortujących o okrągłych otworach, których średnice mieszczą się w zakresie 1,8-2,2 mm.



Rys. 2. Uproszczony schemat blokowy układu oddzielania zanieczyszczeń ciężkich i lekkich

Zalety

Do zalet tego sposobu oczyszczania masy należą:

- pełna automatyzacja i elastyczne działanie,
- znakomite, w porównaniu z układem jednostopniowym, skuteczne oddzielenie zanieczyszczeń,
- bezawaryjna praca, niskie wymagania w odniesieniu do obsługi i konserwacji,
- niewielkie straty włókna dzięki dobremu oddzieleniu od nich zanieczyszczeń,
- zawartość suchej substancji w odrzutach na poziomie 30÷50%,
- niewielkie zużycie energii i długa żywotność urządzeń dzięki niskiemu ciśnieniu pracy.

Układ wstępnego usuwania zanieczyszczeń lekkich

Masa oczyszczona w sortownikach HD I^o dopływa do układu kombinowanego składającego się z połączonych szeregowo: sortownika ciśnieniowego, separatora o działaniu ciągłym, separatora o działaniu okresowym, układ zamyka sortownik wibracyjny (rys. 2). W separatorach oczyszczany jest odrzut z poprzedniego stopnia. Masa oczyszczona kierowana jest do kadzi maszynowej natomiast odpad do przemycia i zagęszczenia w sortniku wibracyjnym a następnie do zagęszczacza.

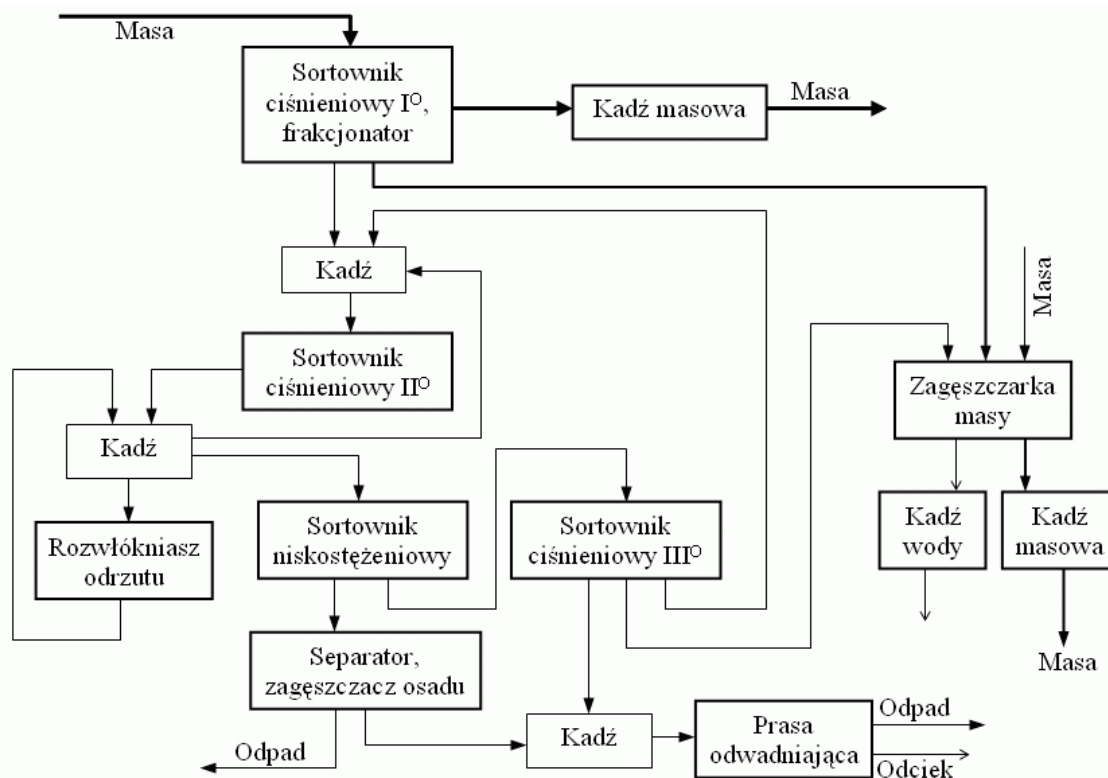
Zalety

- Połączenie sortowania w sortowniku ciśnieniowym oraz separatorach posiadających specyficzne sita. Odwodnione odrzuty są usuwane do prasy odwadniającej.
- Odporność na zmiany jakościowe surowca i niezawodność wynikająca z pełnej automatyzacji.
- Małe straty włókien - czyste odrzuty, nawet przy przerobie surowca o podwyższonej wodotrwałości.
- Niskie jednostkowe zużycie energii (20÷23 kWh/t) wynikające z dużej wydajności i małych ilości odrzutów ze wszystkich stopni oczyszczania.

2.3. Układ frakcjonowania i sortowania drobnego

W układzie przedstawionym schematycznie na rys. 3 z jednego surowca wytwarzane są dwie różne jakościowo masy makulaturowe, tj. masa na warstwy pokryciowe o najwyższej jakości (o wysokiej czystości i jednorodności) oraz masa na warstwy spodnie (o dobrej czystości i jednorodności).

Oba rodzaje mas posiadają podobną jakość pod względem średniej długości włókien i odwadnialności. Efektem wtórnym jest uzyskanie odrzutów, które nie sprawiają trudności podczas sortowania. Odrzuty z drugiego stopnia zawierają znaczną ilość nie rozwłóknionego papieru (w postaci płatków papieru). Zastosowanie młyna dwupierścieniowego jako rozwłókniacza odrzutu zapewnia dobre rozwłóknianie i w rezultacie odzysk włókien przy równoczesnym nie rozdrabnianiu innych zanieczyszczeń.



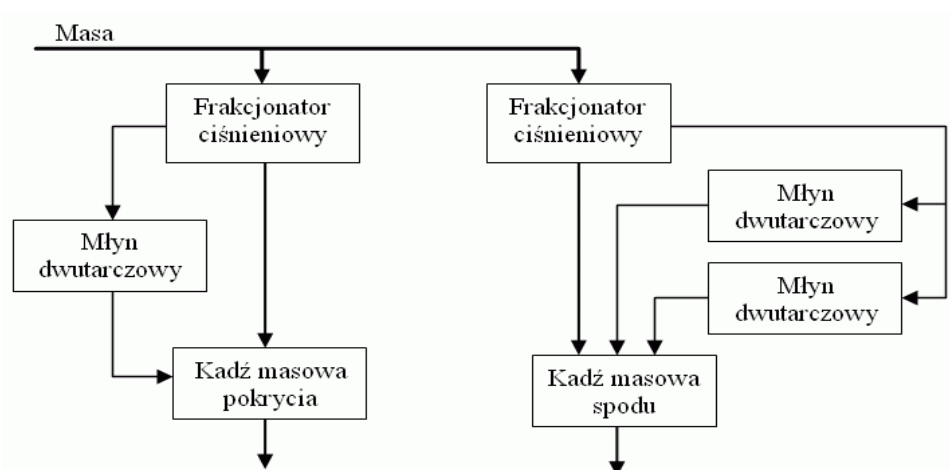
Rys. 3. Uproszczony schemat blokowy frakcjonowania i sortowania drobnego

Zalety

- Układ jest niezawodny, w pełni zautomatyzowany i niewrażliwy na zmiany jakości surowca.
- Charakteryzuje się minimalnymi stratami włókna (około 1% wydajności linii), na straty surowca nie ma wpływu rodzaj przerabianej makulatury (np. o podwyższonej wodotrwałości), masa charakteryzuje się odwadnialnością na poziomi 25÷35%.
- Układ o niskim jednostkowym zużyciu energii (33÷36 kWh/t). Zawdzięcza to wysokiej przepustowości urządzeń i małym ilościom odrzutów ze wszystkich stopni.

2.4. Frakcjonowanie i fibrylacja frakcji długowłóknistych

Koncepcje linii do przygotowania masy papierniczej na warstwy pokrycia i spodu są takie same. Schemat układu został przedstawiony na rys. 4. Masa zostaje podzielona we frakcjonatorze na dwa strumienie: frakcję masy krótkowłóknistej i frakcję masy długowłóknistej, która zostaje poddana mieleniu. Obie frakcje długo- i krótkowłóknista są następnie łączone i mieszane w kadzi. W układzie tym istnieje możliwość zwiększenia udziału frakcji długowłóknistej w warstwie pokrycia, co wywiera korzystny wpływ na zwiększenie własności wytrzymałościowych tej warstwy.



Rys. 4. Uproszczony schemat frakcjonowania i fibrylacji

Zalety

- Frakcjonowanie masy umożliwia rozdzielenie włókien celulozowych i poddanie procesowi mielenia tylko strumienia zawierającego włókna długie.
- Możliwe jest skierowanie części frakcji długowłóknistej do strumienia masy na pokrycie w celu polepszenia jej właściwości.
- Zachowanie właściwości wytrzymałościowych surowca przy minimalnym zużyciu energii na mielenie. Jednostkowe zużycie energii wynosi 45÷50 kWh/t.

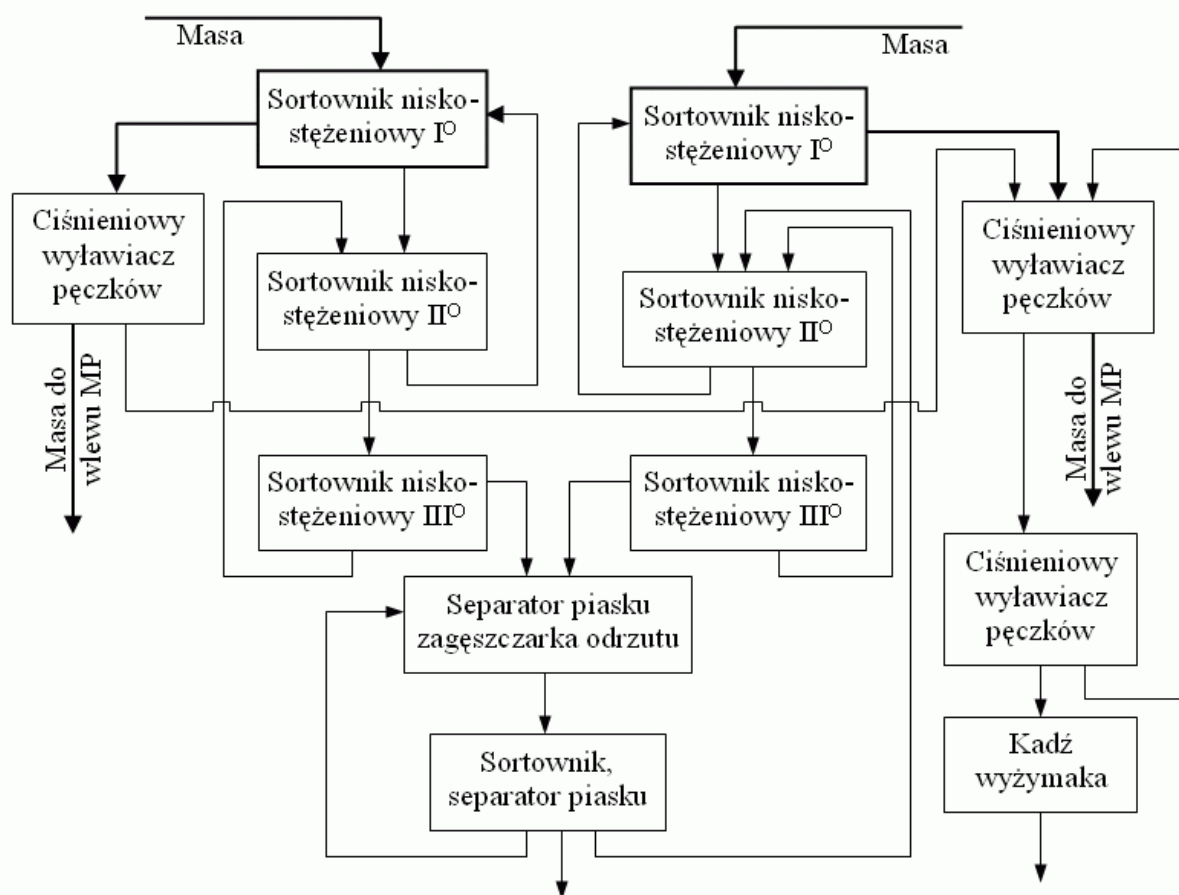
2.5. Układ doprowadzenia masy do maszyny papierniczej

Układ ten (rys. 5) stanowi dodatkowe zabezpieczenie przed resztkami zanieczyszczeń, które nie zostały usunięte w poprzednich operacjach oczyszczania i sortowania. Masa papiernicza może zawierać bardzo drobne cząstki piasku i inne przypadkowe zanieczyszczenia.

W układzie doprowadzenia masy na warstwę pokrycia i spodu został zastosowany dwu-obwodowy system mieszania usprawniający działanie systemu oczyszczania. Pierwsza pompa mieszalna podaje masę do układu oczyszczania, a druga poprzez wyłaviacz pęczków do wlewu maszyny papierniczej. Odrzuty o małej zawartości włókna poddawane są dodatkowemu oczyszczeniu. Włókno zostaje zawrócone do obiegu, natomiast zanieczyszczenia (często zawierające substancje kleiste) wydalone są na zewnątrz obiegu.

Zalety

- Zawracanie odrzutu z linii przygotowania masy na warstwę pokrycia do linii przygotowania masy na warstwę spodu minimalizuje straty włókna, zapewniając masie dobrą jakość.
- Wielostopniowy układ sortowników z zagęszczarką odrzutu i separatorem piasku minimalizuje straty włókna i zapewnia doskonałe odseparowanie piasku.
- Wyłaviacze pęczków włókien są przeznaczone wyłącznie do homogenizacji masy lub usuwania z niej przypadkowych pęczków. Uzyskuje się dzięki temu wysoką ochronę maszyny papierniczej przed przypadkowymi zanieczyszczeniami.
- Linia pracuje praktycznie bez straty włókna, z obiegu usuwane są zanieczyszczenia kleiste.
- Jednostkowe zużycie energii wynosi 42÷46 kWh/t.



Rys. 5. Uproszczony schemat blokowy układu doprowadzenia masy do maszyny papierniczej

3. Aspekty ekologiczne

Najważniejszymi wymienionymi przez twórców aspektami ekologicznymi techniki są:

- zminimalizowanie ilości powstających odpadów dzięki dobremu oddzieleniu włókien od zanieczyszczeń występujących w surowcu makulaturowym,
- utrzymanie strat włókna na stałym poziomie niezależnie od rodzaju przerabianego surowca,
- oszczędność energii związana z właściwym doborem urządzeń i wyeliminowaniem zbędnych operacji.

W różnych opracowaniach¹⁾ przyjmuje się, że poziom zanieczyszczeń w makulaturze typu OCC (zużyte pudła z tektury falistej) wynosi około 2% wagowych w stosunku do suchej masy surowca. W praktyce ilość odpadów z przerobu makulatury jest zależna od pochodzenia makulatury i na ogół jest większa od ilości zanieczyszczeń, gdyż występują, niekiedy znaczne, straty włókien. Dokument referencyjny BREF³⁾ podaje, że ilości odpadów stałych przy przerobie makulatury na papiery opakowaniowe (w tym warstwy składowe tektury falistej) wynosi od 4% do 9% wsadu makulaturowego.

W papierni, która wdrożyła technikę Papcel, wykonano bilans ilości wytwarzanych odpadów¹⁾. Papiernia produkuje 500 Mg papieru makulaturowego na dobę przy średnim poziomie zanieczyszczeń w surowcu makulaturowym - 4%. Analiza przypadku wykazała, że ilość wytworzonych odpadów wynosiła około 5,6% w stosunku do wielkości produkcji, to jest ok. 66 Mg/dobę przy średniej zawartości wilgoci 58%, w tym ilość utraconego włókna oszacowano na poziomie 8 Mg suchej masy na dobę (tj. zaledwie 1,6% surowca).

Z punktu widzenia ekologii procesowi ważnym elementem oceny instalacji jest poziom zużywanej przez nią energii. Właściwy dobór urządzeń linii wytwórczej jest ważnym czynnikiem wpływającym na środowiskowe i ekonomiczne aspekty procesu. Oszacowane ilości zużywanej energii elektrycznej, dla ww. wytwórni wskazują, że około 40% jej zużycia przeznaczone jest na pompowanie i mieszanie masy; w przypadku mielenia masy zużycie wzrasta. Właściwa konfiguracja linii, rezygnacja ze zbędnych kadzi i pomp wpływa w znaczący sposób na ograniczenie zużycia energii.

Z kolei właściwy dobór urządzeń (ich wydajność) ma znaczący wpływ na jednostkowy wskaźnik zużycia energii. Zużycie energii przez większość urządzeń nie zależy od chwilowej wydajności. Przewymiarowanie (rezerwa wydajności) urządzeń może drastycznie zwiększyć wskaźnik zużycia energii - dla instalacji o wydajności 500 Mg/d pracującej z wydajnością 400 Mg/d jednostkowe zużycie energii wzrasta o 20%.

4. Aspekty ekonomiczne

Aspekty ekonomiczne zostały ocenione przez twórców techniki na podstawie danych pochodzących z czeskiego przemysłu papierniczego za pierwszy kwartał 2008r. Według autorów, zastosowanie proponowanej techniki przygotowania masy, w instalacji o wydajności 500 Mg/d, może przynieść oszczędności rzędu 10,6% całkowitego zużycia energii elektrycznej oraz ograniczenie strat włókien celulozowych o około 10 Mg suchej masy włókien/d (równoznaczne ze zmniejszeniem ilości generowanych odpadów). Wymienione efekty oszczędnościowe przynoszą konkretne korzyści finansowe w postaci:

- zmniejszenia kosztów surowca włóknistego,
- zmniejszenia wydatków na energię elektryczną,

- zmniejszenia wydatków na usuwanie i zagospodarowanie odpadów.

Oszacowano¹⁾, że dodatkowy odzysk jednej tony włókien daje oszczędności finansowe wynoszące 350 EUR, zatem odzysk 10 Mg włókien/dobę pozwala na zmniejszenie kosztów o 3 500 EUR/dobę, co pokrywa znaczną część kosztów energii elektrycznej zużywanej przez linię produkcyjną w ciągu doby.

5. Źródła informacji

- 1) Hejtmanek I.: „Technologia firmy Papcel do przygotowania masy z włókien wtórnych”, Materiały konferencyjne Progress’08, Kraków 23-26.09.2008r.
- 2) Kmeco R.: „Sortowniki ciśnieniowe STU do sortowania wstępnego”, Przegl. Papiern. 64, 1, 26 (2008)
- 3) European Commission: Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry”, grudzień 2001



INSTYTUT BIOPOLIMERÓW I WŁÓKIEN CHEMICZNYCH

INSTITUTE OF BIOPOLYMERS AND CHEMICAL FIBRES



ul. Skłodowskiej-Curie 19/27, 90-570 Łódź, e-mail: ibwch@ibwch.lodz.pl, <http://www.ibwch.lodz.pl>,
tel sekret. +42 6376744, fax sekret. +42 6376214 tel centr. +42 6376510, fax centr.+42 6376501

Laboratorium Ochrony Środowiska

tel. 042 6380351, e-mail: michniewicz@ibwch.lodz.pl, nls@ibwch.lodz.pl

Umowa/Zlecenie Nr:

3/BAT/2009 z dnia 11.02.2009r.

Zleceniodawca:

Ministerstwo Środowiska
ul. Wawelska 52/54
00-922 Warszawa

Kierownik tematu:

dr inż. Małgorzata Michniewicz

SPRAWOZDANIE

z pracy: „Analiza stanu techniki w zakresie
Najlepszych Dostępnych Technik dla branży celulozowo-papierniczej”

Etap: IV/2009

**Techniki ograniczania emisji zanieczyszczeń do atmosfery
z przemysłu celulozowo-papierniczego**



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony
Środowiska i Gospodarki Wodnej, pochodzących z opłat
rejestracyjnych, na zlecenie Ministra Środowiska



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA

dr inż. Danuta Ciechańska
Dyrektor

Autorzy pracy:

dr inż. Małgorzata Michniewicz

mgr inż. Michał Janiga

Spis treści

	Strona
1. Wprowadzenie	2
2. Techniki BAT ograniczenia emisji ze źródeł technologicznych	3
2.1. Emisje do powietrza z kotła regeneracyjnego oraz techniki zapobiegania i ograniczania tych emisji	3
2.2. Emisje do powietrza z pieca wapiennego oraz techniki zapobiegania i ograniczania tych emisji	5
2.3. Emisje gazów niekondensujących oraz techniki zapobiegania i ograniczania tych emisji	7
2.4. Emisje do powietrza z procesów produkcji papieru - Papiernia.	8
3. Techniki BAT ograniczenia emisji ze źródeł energetycznych	9
4. Nowe propozycje dotyczące regulacji emisji ze źródeł stacjonarnych w przemyśle celulozowo-papierniczym	10
5. Wykorzystane źródła informacji	13

Załączniki: Kopie materiałów źródłowych

Praca pt.: *Analiza stanu techniki w zakresie Najlepszych Dostępnych Techniki dla branży celulozowo-papierniczej*, realizowana na zlecenie Skarbu Państwa – Ministra Środowiska, stosownie do umowy nr 3/BAT/2009, jest kontynuacją pracy na ten sam temat wykonywanej w latach 2006, 2007 i 2008 w związku z obowiązkiem krajów członkowskich UE systematycznego śledzenia kierunków rozwoju techniki i technologii w poszczególnych sektorach przemysłu. Obowiązek taki wynika z §16 dyrektywy Rady 96/61/WE o zintegrowanym zapobieganiu i ograniczaniu zanieczyszczeń (IPPC).

1. Wprowadzenie

Emisje gazowe z przemysłu celulozowo-papierniczego można podzielić na emisje z procesów technologicznych oraz emisje z procesów produkcji energii. Zakłady celulozowo-papiernicze, w szczególności duże zintegrowane wytwórnie mas włóknistych i papieru są zazwyczaj wyposażone w instalacje energetyki przemysłowej. Przemysł papierniczy należy do przemysłów energochłonnych a poza tym oprócz energii elektrycznej zużywa także znaczne ilości energii cieplnej w postaci pary technologicznej. Produkcja obu rodzajów energii na miejscu jest najczęściej najlepszym i najtańszym rozwiązaniem zaopatrzenia produkcji papierniczej w potrzebną energię.

Emisje typu technologicznego pochodzą przede wszystkim ze źródeł związanych z produkcją chemicznej masy celulozowej. Emitowane zanieczyszczenia to: związki zawierające siarkę, takie jak dwutlenek siarki, siarkowodór i związki siarkoorganiczne (merkaptany, siarczki, disiarczki metylowe), pyły, tlenki azotu oraz węglowodory nienasycone (terpeny) i metanol.

Gazy odlotowe zawierające siarkowodór i związki siarkoorganiczne charakteryzują się bardzo przykrym zapachem w związku z czym są określane mianem gazów złowonnych. Emisje złowonnych składników określa się często łącznie jako sumaryczną emisję związków TRS (Total Reduced Sulphur)¹⁾. Emisje tych związków oraz związków terpenowych, tworzą w połączeniu konglomerat zapachowy charakterystyczny dla celulozowni siarczanowej, bardzo specyficzny dla tej branży przemysłu. Źródłami tych emisji są procesy: roztwarzania drewna w warniku, mycia masy, regeneracji chemikaliów warzelnych i regeneracji wapna a także magazynowanie mediów produkcyjnych w zbiornikach.

Z instalacji, w których zachodzą wysokotemperaturowe procesy spalania jak kocioł regeneracyjny i piec wapienny emitowane są tlenki azotu, tlenki węgla i pyły. Ponadto, z instalacji bielienia i instalacji produkcji chemikaliów bielących mogą ulatniać się do atmosfery związki chloru. Lotne związki organiczne (VOC), głównie terpeny, są emitowane do atmosfery ze zrębków drzewnych magazynowanych w hałdach na otwartym terenie.

Procesy produkcji papieru na maszynie papierniczej w zasadzie nie są źródłami istotnych emisji zanieczyszczeń gazowych²⁾. Z procesów tych mogą być uwalniane do fazy gazowej lotne związki organiczne i pyły papiernicze. Emisje LZO o niewielkim stężeniu są obserwowane w powietrzu odlotowym z papierni, stosujących w procesie produkcyjnym środki chemiczne zawierające lotne substancje organiczne. Również niewielkie stężenia pyłów papierniczych mogą być emitowane z części suszącej maszyny lub procesów wykańczania i cięcia papieru.

Emisje ze źródeł energetycznych są wynikiem spalania paliw: węgla, oleju opałowego, biopaliw (kora, odrzuty włókniste, osady ściekowe) oraz paliw gazowych. Stanowią one istotną pozycję w ogólnym bilansie emisji w zakładach celulozowo-papierniczych, posiadających własne instalacje energetyczne. Jak wspomniano wyżej przemysł celulozowo-papierniczy jest energochłonny - jego udział w globalnym zużyciu energii szacuje się na 4%, jakkolwiek tylko 1,2% przypada na emisje pochodzące z paliw kopalnych, pozostałe 2,8% przypada na szerokie wykorzystanie składników drewna oraz biomasy. Jest to niezwykle istotny i cenny aspekt funkcjonowania przemysłu papierniczego, w którym ze względu na wykorzystywany surowiec odnawialny – drewno – paliwa odnawialne (odpady drzewne i biomasa) są stosunkowo łatwo dostępne i mogą być szeroko stosowane. Jak wiadomo, najpoważniejszy, negatywny dla środowiska efekt zużywania energii związany jest z

paliwami kopalnymi, nie tylko ze względu na ich nieodtwarzalność ale także na emisje związane z ich spalaniem³⁾. Emisje gazowe ze spalania paliw kopalnych mają negatywny wpływ na środowisko (dwutlenku węgla ze względu na efekt cieplarniany oraz dwutlenku siarki i tlenków azotu ze względu na kwaśne deszcze), podczas gdy dwutlenek węgla i woda ze spalania biomasy (odpady drzewne, kora, odpady włókien) biorą udział w naturalnej cyrkulacji tych składników w przyrodzie.

Wobec wysokich kosztów, które zawsze wiążą się z budową i eksploatacją urządzeń do redukcji zanieczyszczeń w gazach odlotowych, alternatywnym rozwiązaniem jest wdrażanie najlepszych dostępnych technik, czyli wprowadzanie w procesach technologicznych takich zmian, które pozwalają zmniejszyć lub wyeliminować emisję zanieczyszczeń. Zmiany takie mogą polegać na odpowiednim doborze surowców, materiałów i metod wytwarzania oraz hermetyzacji a zwłaszcza automatyzacji procesów. W procesach zautomatyzowanych, poprzez precyzyjne sterowanie parametrami technologicznymi można osiągnąć znaczne zmniejszenie ilości wydzielających się zanieczyszczeń. Jeżeli możliwe zmiany procesów technologicznych (środki wewnętrzne) nie pozwalają całkowicie wyeliminować emisji zanieczyszczeń do atmosfery lub gdy wprowadzenie tych zmian jest nieuzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia, jedyną drogą pozostaje oczyszczanie gazów odlotowych.

2. Techniki BAT ograniczania emisji ze źródeł technologicznych

2.1. Emisje do powietrza z kotła regeneracyjnego oraz techniki zapobiegania i ograniczania tych emisji

Kocioł regeneracyjny jest głównym źródłem emisji do atmosfery w celulozowni siarczanowej i jednocześnie największym źródłem emisji zanieczyszczeń z procesów technologicznych w branży papierniczej. Emisje te są głównie reprezentowane przez dwutlenek siarki. Dodatkowo występują emisje cząstek stałych (przede wszystkim siarczanu i węglanu sodu), tlenków azotu i związków złonowych (siarkowodór).

Kocioł regeneracyjny jest reaktorem chemicznym, w którym zachodzą procesy spalania zagęszczonego ługu czarnego oraz procesy chemiczne pozwalające na odzysk chemikaliów nieorganicznych do następnego cyklu roztwarzania. Chemikalia nieorganiczne stanowią zwykle od 35% do 50% suchej substancji ługu gęstego, a pozostałe 50-65% to rozpuszczone substancje organiczne. Po konwencjonalnym procesie odparowania ług czarny (ług zateżony) ma zawartość suchej substancji około 65-67%. Celem zateżania jest osiągnięcie wysokiej zawartości suchej substancji (s.s.) w gęstym ługu czarnym zasilającym kocioł regeneracyjny dla wyprodukowania większej ilości pary. Zainstalowanie dalszych urządzeń pozwala osiągnąć zawartość suchej substancji 75-80%. Gdy zawartość suchej substancji w ługu wzrasta z 65-67% do 74-76%, emisje siarki z kotła obniżają się o około 80% dzięki wyższej temperaturze w kotle i korzystniejszym warunkom spalania²⁾. Istnieje jednak kilka przykładów, gdzie emisje siarki nie ulegały obniżeniu przy zawartości suchej substancji poniżej 72-73%. Ujemną stroną wyższej temperatury jest możliwość wzrostu emisji NO_x. Kocioł regeneracyjny musi być wyposażony w elektrofiltr, w celu usuwania dużych ilości cząstek stałych (głównie Na₂SO₄) z gazów odlotowych. W przeciwnym przypadku lub przy zastosowaniu mniej skutecznych urządzeń do redukcji emisji pyłów emisja ta może osiągnąć bardzo wysoki poziom, np. rzędu kilku g/Nm³. Pył z elektrofiltru jest wprowadzany z powrotem do kotła przez mieszanie ze stężonym ługiem czarnym.

Typowe emisje do powietrza z kotłów regeneracyjnych podano w poniższej tabeli 1. Przepływ gazu wynosi zwykle około 6 000 – 9 000 m³ suchych gazów w warunkach normalnych na t masy, podczas gdy produkcja pary zawiera się pomiędzy 13 a 18 GJ/t masy. Wskutek niższej wydajności przy roztwarzaniu drewna iglastego liczby te są wyższe dla drewna iglastego niż dla liściastego.

Tabela 1: Emisje z kotłów regeneracyjnych w celulozowniach siarczanowych, przy przepływie gazów około 6000 - 9000 m³/t [na podstawie literatury – poz.2]

Dwutlenek siarki - bez skrubera i przy zawartości s.s. w ługu czarnym 63-65% - ze skruberem i 63-65 % s.s. w ługu czarnym - bez skrubera i 72-80% s.s. w ługu czarnym	100-800	mg/Nm ³
	60-250	mg/MJ
	1-4	kg/ADt
	20-80	mg/Nm ³
	10-25	mg/MJ
	0,1-0,4	kg/ADt
	10-100	mg/Nm ³
	12-30	mg/MJ
	0,2-0,5	kg/ADt
Siarkowodór - ponad 90% czasu (90 percentyl) - chwilowo	< 10	mg/Nm ³
	< 0,05	kg/ADt
	wyższe	
Tlenki azotu (jako NO₂)	100-260	mg/Nm ³
	50-80	mg/MJ
	0,6-1,8	kg/ADt
Cząstki stałe (pyły) - po elektrofiltre	10-200	mg/Nm ³
	0,1-1,8	kg/ADt

Techniki zapobiegania i ograniczania emisji

Na emisje związków siarki z kotła sodowego wpływają następujące zmienne procesowe:

- temperatura w różnych strefach, która zależy od wartości opałowej i zawartości suchej substancji w ługu czarnym oraz ilości powietrza do spalania,
- stosunek siarki do sodu (S/Na₂) w ługu (siarczkowość),
Wysoki stosunek S/Na₂ oznacza, że ilość uwalnianego sodu w kotle, w stosunku do ilości siarki jest niewystarczająca do związania siarki, a zatem większa część siarki opuszcza kocioł jako dwutlenek siarki zamiast jako siarczan sodu. Wysoka zawartość suchej substancji w ługu czarnym może kompensować ten efekt.
- zasilanie (ilość nadmiarowego powietrza i temperatura powietrza pierwotnego) oraz rozdział powietrza do spalania,
- rozdział ługu czarnego w kotle,
- obciążenie kotła.

Prowadzenie kotła regeneracyjnego w trybie przeciążenia ma niekorzystny wpływ na charakterystyki emisji, szczególnie na ilość wytwarzanego siarkowodoru.

Z obserwacji różnych kotłów wynika²⁾, że nawet gdy są wdrożone ogólne zalecenia technik sprzyjających ograniczeniu emisji, to każdy kocioł regeneracyjny jest inny, dlatego dla każdego z nich trzeba uważnie szukać optymalnych warunków pracy.

W celu obniżenia emisji SO_2 z kotła regeneracyjnego jest on często wyposażony w mokry skrubler gazów odlotowych pracujący przy pH roztworu natryskowego w granicach 6-7. Regulacja pH następuje przez dodanie wodorotlenku sodu (NaOH), ługu słabego lub utlenionego ługu białego. Przy wyższym pH roztworu natryskowego następowałoby usuwanie siarkowodoru, ale jednocześnie absorbowałby się dwutlenek węgla, który szybko neutralizowałby alkalia. Nadmiar roztworu ze skrubera jest zwracany do procesu zazwyczaj do przygotowania ługu białego. Przykładem takiego skrubera, ograniczającego emisję zanieczyszczeń z kotła regeneracyjnego jest rozwiązanie techniczne szwedzkiej firmy MoDo⁴⁾. Zastosowanie tego rozwiązania umożliwia usuwanie z gazów odlotowych zarówno dwutlenek siarki jak i pyły, przy czym proces oczyszczania jest praktycznie bezodpadowy.

Na tworzenie się NO_x w kotle regeneracyjnym wpływa głównie zawartość azotu w ługu czarnym i nadmiar O_2 podczas spalania. Wytwarzanie się NO_x jest generalnie niskie w stosunku do wprowadzanych MJ z powodu stosunkowo niskiego stężenia tlenu wymaganego ze względu na skuteczną regenerację chemikaliów. Emisja NO_x z kotła zwykle waha się pomiędzy 1 i 2 kg/t masy. Wzrost nadmiaru tlenu z 1,5 do 2,5% może zwiększać NO_x o około 20%, a zwiększona zawartość suchej substancji z 65 do 75% może zwiększać NO_x o 20%. Zawartość azotu jest większa w ługach z drewna liściastego niż z iglastego, co również może skutkować NO_x wyższym o około 10%. Obniżenie emisji NO_x może być osiągnięte poprzez modyfikacje systemu doprowadzania powietrza (np. technika Powietrze nad płomieniem - OFA²⁾) i optymalizację warunków spalania. Emisje wynoszą zwykle pomiędzy 50 i 80 mg/MJ, ale nowe kotły regeneracyjne mogą osiągnąć niższe poziomy wynoszące około 40 mg/MJ czyli znacznie poniżej 1 kg NO_x /t

2.2. Emisje do powietrza z pieca wapiennego oraz techniki zapobiegania i ograniczania tych emisji

Piec wapienny jest ważnym segmentem w procesie regeneracji chemikaliów warzelnych w celulozowni siarczanowej. Jego zadaniem jest termiczne przetworzenie szlamu pokaustyzacyjnego powstałego podczas procesu kaustyzacji w tlenek wapnia potrzebny do produkcji ługu warzelnego w kolejnym cyklu. Reakcja rozkładu węglanu wapnia ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$) zachodzi w piecu obrotowym, gdzie mokry szlam wapienny jest suszony, ogrzewany do temperatury reakcji, kalcynowany i ponownie chłodzony. Reakcja kalcynacji rozpoczyna się przy 800°C, a dla jej zakończenia wymagane są temperatury do 1000-1100°C w gorącym końcu pieca. Chłodzenie następuje za pomocą powietrza w wymiennikach ciepła. Przepływ gazów w piecu wapiennym wynosi około 1000 Nm³/t masy (suchy gaz), a zużyta energia około 1,5 - 1,8 GJ/t masy.

Najważniejsze emisje z pieca wapiennego do powietrza, to dwutlenek siarki, tlenki azotu, związki siarki zredukowanej (TRS) i cząstki stałe (pyły). Typowe emisje z pieca wapiennego w celulozowni siarczanowej pokazano w tabeli 2.

Emisje z pieca wapiennego w celulozowni siarczanowej są zależne głównie od czasu retencji wypalanego materiału, powierzchni kontaktu z gazem, typu paliwa i temperatury.

Tabela 2. Typowe emisje do powietrza z pieca wapiennego [poz. lit. 2]

Dwutlenek siarki - opalany olejem, bez gazów niekondensujących	5-30	mg/nm ³
	2,5-16 0,003-0,002	mg/MJ kg/ADt
- opalany olejem z gazami niekondensującymi	150-900	mg/nm ³
	80-740	mg/MJ
	0,1-0,6	kg/ADt
Siarkowodór - normalnie	< 50	mg/nm ³
	< 0,03	kg/ADt
	- chwilowo	wyższe
Tlenki azotu (jako NO₂) - opalany olejem	240-380	mg/nm ³
	130-200	mg/MJ
	0,2-0,3	kg/ADt
- opalany gazem	380-600	mg/nm ³
	200-320	mg/MJ
	0,3-0,4	kg/ADt
Cząstki stałe (pyły) - po elektrofiltrze	20-150	mg/nm ³
	0,01-0,1	kg/ADt
- po mokrym skruberze (bez elektrofiltru)	200-600	mg/nm ³
	0,1-0,4	kg/ADt

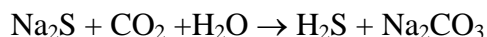
Techniki zapobiegania i ograniczania emisji

Dla minimalizacji tworzenia się SO₂ można obniżyć zawartość siarki w paliwie lub, jeżeli złowonne, niekondensujące gazy (NCG) mają być spalane w piecu wapiennym, można usuwać z nich związki siarki przed wprowadzeniem do pieca za pomocą natryskiwania w skruberze. Niewielki wewnętrzny skrubler z natryskiem alkalizowanym NaOH dla strumienia gazów złowonnych prawie całkowicie redukuje H₂S, podczas gdy merkaptan metylu będzie redukowany o około 50-70%, a siarczki metylowe o mniej niż 20%. Typowe całkowite emisje S z pieca wapiennego wynoszą od dziesięciu do kilkuset mg/m³ jeżeli gazy NCG są spalane i 10-30 jeżeli nie są spalane ²⁾.

Emisje związków złowonnych (TRS) z pieca wapiennego zawierają głównie siarkowodór. Obserwowane stężenia H₂S są zwykle niższe od 50 mg/m³ (90 percentyl) dając wskaźnik całkowitej emisji < 0,03 kg/t ²⁾.

Tworzenie się H₂S w piecu wapiennym zależy od poziomów tlenu i ilości siarczku sodu w szlamie poddawany wypalaniu. Obecność odpowiedniego nadmiaru powietrza można zapewnić poprzez system regulacji resztkowego tlenu. Zawartość siarczku sodu można obniżyć za pomocą właściwie prowadzonego mycia i filtracji szlamu wapiennego tak, by

zapobiegać wprowadzaniu siarczku sodu do pieca. Jeżeli Na₂S zostanie wprowadzony do zimnej strefy suszenia i podgrzewania pieca, to w obecności CO₂ i wody tworzy się H₂S zgodnie z równaniem reakcji:



Przy właściwej pojemności filtra szlamu niewielkie ilości powietrza są zasysane przez warstwę osadu na bębnie i reszkowy Na₂S pozostały na powierzchni cząstek szlamu jest wtedy utleniany do tiosiarcznanu sodu, który nie powoduje powstawania H₂S w piecu. Gdy pojawia się problem z H₂S w wielu przypadkach jego przyczyną jest zła jakość szlamu wapiennego pod względem zawartości suchej substancji (powinna być co najmniej 80%) i czystości (wymagane jest niskie stężenie wolnych alkaliów). Zalecane rozwiązania techniczne to: poprawa klarowania ługu zielonego i mycia szlamu pokaustyzacyjnego lub zastąpienie części szlamu uzupełniającym wapnem obcym²⁾.

Emisje NO_x z pieca wapiennego są związane przede wszystkim z konstrukcją palnika, a dla konkretnego palnika zależą od zawartości azotu w paliwie i temperatury spalania. Wzrost emisji może wynikać z zastosowania paliwa o wysokiej zawartości azotu. Zarówno spalanie gazów NCG, jak i zastosowanie biogazu i metanolu jako paliw, zwiększa tworzenie się NO_x. Stężenia NO_x wynoszą od około 100 mg/m³, gdy stosowany jest tylko olej opałowy, aż do około 900 mg/m³ przy spalaniu gazów NCG i metanolu razem ze sproszkowaną korą, gazami pirolitycznymi lub olejem opałowym²⁾.

Pyły emitowane z pieca wapiennego składają się z pyłu wapiennego oraz soli sodowych wytraconych z fazy gazowej. Emisje mogą być ograniczane za pomocą środków wewnętrznych poprzez właściwą konstrukcję i prowadzenie pieca oraz środkami zewnętrznymi poprzez instalację elektrofiltru lub skrubera²⁾. Elektrofiltr ma zdolność redukcji stężenia cząstek stałych do około 20-100 mg/m³, a mokry skrubler do około 200-600 mg/m³.

2.3. Emisje gazów niekondensujących oraz techniki zapobiegania i ograniczania tych emisji

Związki złowne powstają głównie podczas roztwarzania drewna za pomocą chemikaliów warzelnych i są uwalniane do fazy gazowej w różnych etapach procesu wytwarzania masy celulozowej metodą siarczanową i regeneracji chemikaliów. Wskaźnik sumarycznej emisji związków złownych kształtuje się na poziomie 2,1 – 5,5 kgS/tmasy. Biorąc pod uwagę, że przeciętna w Europie zdolność produkcyjna wytwórni mas celulozowych wynosi ok. 180 000 t/rok oznaczałoby to masowy strumień emisji związków siarki z takiej wytwórni w ilości 380-1000 t S/rok. Odprowadzanie do atmosfery takich dużych ilości złownych i toksycznych składników, chociażby przez krótki czas (możliwe awarie urządzeń oczyszczających), przy obecnych standardach i wymaganiach ochrony środowiska jest absolutnie niedopuszczalne i nieakceptowalne.

Zmniejszenie powstawania związków złownych można uzyskać poprzez wprowadzenie zmian technologicznych w procesie roztwarzania drewna^{2),5),6)}. Przykłady takich technologii przytoczono poniżej:

- Roztworzenie przy obniżonej siarczkowości ługu warzelnego. Można w ten sposób obniżyć powstawanie związków TRS do poziomu 1,5 – 3 kgS/tmasy,

- Roztworzenie przy niskiej siarczkowości wspomagane dodatkiem antrachinonu lub roztwarzanie beziarczkowe z antrachinonem. Powstawanie związków TRS może być niższe od 1 kgS/t masy,
- Zmodyfikowane roztwarzanie przy normalnej siarczkowości ługu, połączone z automatyczną kontrolą i regulacją stopnia roztworzenia oraz hermetyzacją procesów roztwarzania i wydmuchu. Ilość powstających związków złowonnych może być obniżona do 2,5 – 3 kgS/t masy,
- Roztworzenie z dodatkiem wielosiarczków lub wielotionianów,
- Roztworzenie Organosolv – z użyciem rozpuszczalników organicznych (beziarczkowe).

Przytoczone technologie, oprócz wymienionej w pozycji trzeciej, mają ograniczone zastosowanie w praktyce przemysłowej. Zdecydowaną przewagę w odniesieniu do potencjału wytwórczego chemicznych mas celulozowych na świecie ma roztwarzanie siarczanowe (konwencjonalne i zmodyfikowane) przy siarczkowości ługu warzelnego 30 – 39%. Technologia Organosolv jest stosowana przez pojedyncze wytwórnie na świecie i ciągle znajduje się w fazie badań jako ewentualna technologia przyszłości.

Unieszkodliwianie powstałych związków złowonnych prowadzi się na drodze utleniania, z tym, że przez lata testowano z różnym skutkiem różnorodne procesy utleniania, np.: chlorowanie, utlenianie powietrzem lub tlenem w wieży utleniającej ług czarny, utlenianie katalityczne, utlenianie fotolityczne, spalanie. Obecnie najbardziej powszechnie stosowaną, a jednocześnie zalecaną jako BAT²⁾ metodą, jest destrukcja termiczna stężonych gazów złowonnych. Powstały w wyniku spalania związków TRS dwutlenek siarki jest absorbowany i recykulowany do obiegu chemikaliów. Postęp i rozwój w tym obszarze polega na wprowadzaniu nowych rozwiązań technicznych instalacji do termicznej destrukcji gazów złowonnych.

2.4. Emisje do powietrza z procesów produkcji papieru - Papiernia

Niezwiązane z wytwarzaniem energii emisje do atmosfery z procesów produkcji papieru, to głównie lotne związki organiczne. Ich emisje z papierni zawierają się na ogół w akceptowalnych granicach - to jest poniżej wartości granicznych dopuszczalnych w różnych krajach dla tych substancji. Emisja ta ma większe znaczenie z punktu widzenia warunków BHP na hali produkcyjnej, natomiast z uwagi na zanieczyszczenie powietrza jej wpływ jest marginalny. W papierniach europejskich na ogół nie stosuje się specjalnych technik ograniczania tych emisji, ponieważ emitowane ładunki zanieczyszczeń są pomijalnie małe²⁾.

Przykłady procesów technologicznych, w których emituje się wyższe stężenia lotnych związków organicznych, są następujące:

- Powlekanie papieru mieszankami zawierającymi rozpuszczalniki organiczne. Pomimo, że podstawą mieszanek powlekających jest wyłącznie woda; w powietrzu odlotowym z każdej powlekarzki oznacza się wyższe stężenia różnych lotnych substancji (jak np. formaldehydu, związków aromatycznych z podstawnikami alkilowymi, niższych alkoholi).
- Wytwarzanie papierów uszlachetnianych żywicami syntetycznymi oraz produkcja papierów specjalnych z zastosowaniem dodatków lotnych.

Przykłady lotnych związków organicznych, które emituje się do atmosfery, są następujące:

- Alkohole,
- Formaldehyd zawarty w żywicach mocznikowo-formaldehydowych lub melaminowo-formaldehydowych, stosowanych dla nadania wodotrwałości,
- Aceton i inne ketony,
- Fenole (tylko w specjalnych przypadkach),
- Rozpuszczalniki stosowane do czyszczenia sit maszynowych wykonanych z tworzyw sztucznych (zazwyczaj pomniejszego znaczenia),
- Kwasy organiczne oraz pozostałości monomerów w polimerach.

3. Techniki BAT ograniczania emisji ze źródeł energetycznych

Kotły korowe

W zintegrowanych wytwórniach mas włóknistych pierwotnych i papieru znaczna część potrzebnej energii jest produkowana w wyniku spalania paliw biogenicznych (biomasy). Typowymi urządzeniami są kotły korowe, najczęściej kotły ze złożem fluidalnym.

Kora spala się autotermicznie przy suchości około 20%. Przed spalaniem luźna kora i drzazgi drzewne, oddzielone od surowca drzewnego w bębnie korującym, są doprowadzane do rozdrabniacza, a następnie prasowane do zawartości suchej substancji 38-45%. Zużycie energii w prasie wynosi około 5 kWh/t kory o suchości początkowej około 35%, a wzrost wytwarzania ciepła, związany ze zwiększeniem suchości kory, wynosi około 2 GJ/t_{45%} jeżeli suchość wzrasta od około 35 do 45%. Przy suchości 45% kora przedstawia wartość opałową około 7-8 GJ/t i może być wykorzystana na miejscu jako paliwo w instalacjach energetycznych.

Wysuszona kora może być również zastosowana jako paliwo w innych procesach technologicznych lub sprzedawana jako brykietki, jednakże do tego rodzaju zastosowań musi być wysuszona do suchości powyżej 90%. Następnie po zgazyfikowaniu lub sproszkowaniu może być zastosowana, np. jako paliwo w piecu obrotowym.

W celulozowniach kora jest w znacznej mierze używana jako paliwo w instalacjach energetycznych. Ponieważ kora zawiera bardzo niewielką ilość siarki, emisja dwutlenku siarki z kotłów korowych, spalających tylko korę, jest na niskim poziomie. Gdy kora jest spalana razem z paliwem, które zawiera siarkę (np. paliwa kopalne), alkaliczny popiół z kory wiąże siarkę i w ten sposób redukuje emisje ze spalania tych paliw.

W kotłach korowych emisje tlenków azotu są również niższe niż podczas spalania innych rodzajów paliwa z powodu stosunkowo niskiej temperatury spalania. Typowe emisje wynoszą 70-100 mg/MJ kiedy spalana jest tylko kora, ale w okresach, gdy w kotle stosowany jest olej może nastąpić wzrost do około 100-150 mg/MJ. Nadmiar tlenu zwiększa tworzenie się NO_x, natomiast niższe ilości tlenu powodują wzrost tlenku węgla (CO) i lotnych związków organicznych (VOC). Całkowita osiągalna w kotle korowym redukcja NO_x, za pomocą zmian w technikach spalania i/lub zastosowania procesu selektywnej redukcji niekatalitycznej (SNCR), wynosi około 30-50%. Przykłady zastosowania procesu SNCR w kotłach korowych można znaleźć w niektórych celulozowniach szwedzkich ²⁾.

Tabela 3. Emisje zanieczyszczeń z kotłów korowych

Jednostka	S	NO _x	Pyły
mg/Nm ³	20 - 60	160 - 450	60 - 650
kg/t	0,04 - 0,1	0,3 - 0,7	0,1 - 1
mg/MJ	5 - 15	40 - 100	20 - 200

Przy produkcji ciepła z kory na poziomie 7 GJ/t kory zakres emisji NO_x wynosi około 0,3-0,7 kg/t kory. Niższe liczby reprezentują zoptymalizowane warunki spalania i/lub zastosowanie procesu SNCR, w którym stosuje się mocznik do redukcji NO do azotu, dwutlenku węgla i wody. Wtedy emisje NO_x byłyby na poziomie 40-60 mg/MJ, co odpowiada 100-200 mg/Nm³.

Najlepsze dostępne techniki w odniesieniu do pyłów obejmują zastosowanie elektrofiltru, co pozwala obniżyć emisje pyłów do około 20-40 mg/Nm³. Zastosowanie cyklonów jest dużo mniej skuteczne – pozwalają na obniżenie emisji do około 200 mg/m³.

Inne kotły parowe

W zintegrowanych wytwórniach mas celulozowych i papieru nadmiar energii cieplnej produkowanej przez celulozownię (włączając kocioł korowy) może nie być wystarczający do pokrycia zużycia energii przez produkcję papieru. Dodatkowa potrzebna energia cieplna musi być produkowana w pomocniczych kotłach parowych. Paliwa kopalne stosuje się jako wzmocnienie paliwa w kotłach korowych i spalających osad, a także jako główne paliwo w kotłach pomocniczych. Paliwa stosowane w tych kotłach, to węgiel, olej opałowy, gaz ziemny, torf, odpady drzewne i osady zawierające włókna z oczyszczania ścieków. Emisje z instalacji energetycznych zależą od paliwa, mieszaniny paliw i zawartości zanieczyszczeń. Na przykład olej opałowy i węgiel zawierają siarkę, a gaz ziemny jej nie zawiera. Większość kotłów dla paliw stałych, to kotły z cyrkulacją lub fluidalne, szczególnie, gdy spalane są paliwa trudno mieszalne o zmiennych własnościach. Kotły te oferują możliwość stosowania szerokiego zakresu paliw i generują niższe emisje niż kotły rusztowe. Skuteczność spalania jest wysoka z powodu efektywnego mieszania materiałów i przenoszenia ciepła pomiędzy materiałem stałym i gazami odlotowymi. Ze względu na niską temperaturę spalania (800-950°C) emisje tlenków azotu są relatywnie niskie. Jeżeli paliwo zawiera siarkę, można zapobiegać jej emisjom poprzez dodanie wapna do złoża. Przy temperaturach poniżej 900°C siarka reaguje z wapnem lub wapniem zawartym w korze i emisje dwutlenku siarki ulegają znaczącej redukcji.

4. Nowe propozycje dotyczące regulacji emisji ze źródeł stacjonarnych w przemyśle celulozowo-papierniczym

Komisja Europejska od 2005 r prowadzi proces weryfikacji i aktualizacji dyrektywy IPPC. W czerwcu 2009r został uzgodniony na szczepku Rady Europy projekt nowej dyrektywy w sprawie emisji przemysłowych (IED). Stosownie do zapisów zawartych w tym projekcie wzrośnie rola dokumentów referencyjnych BREF, dokumenty te będą określać standardy emisyjne dla głównych źródeł emisji przemysłowych.

W świetle tego faktu należy wspomnieć, że aktualnie biegnie proces rewizji i aktualizacji dokumentu referencyjnego dla branży celulozowo-papierniczej (PP BREF). Dokument ten ustanowi dopuszczalne poziomy emisji dla źródeł z tej branży przemysłowej. Przy ustalaniu tych poziomów będą wzięte pod uwagę dokumenty międzynarodowe, tworzone równoległe przez instytucje powołane i działające w ramach Organizacji Narodów Zjednoczonych. Chodzi tu o działalność UNECE (United Nations Economic Commission for Europe)⁷⁾, która to organizacja zajmuje się obecnie rewizją Protokołu z Göteborga (Gothenburg Protocol 1999) w sprawie Zmniejszenia Zakwaszenia, Eutrofizacji i Ozonu w warstwie przyziemnej. Wymieniony Protokół jest częścią Konwencji z 1979r w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza o dalekim zasięgu (CLRTAP).

Protokół w oryginalnej wersji ustanawiał pułapy emisji do 2010r dla czterech zanieczyszczeń: siarki (jako SO₂), tlenków azotu, lotnych związków organicznych (VOC) i amoniaku oraz ustanawiał graniczne wartości emisji (limit values) dla wyszczególnionych procesów, przede wszystkim procesów energetycznych a także czyszczenia przy użyciu rozpuszczalników (dry cleaning), eksploatacji samochodów i ciężarówek. Zawarty jest też załącznik dotyczący środków ograniczenia emisji amoniaku z działalności w rolnictwie. Ponadto w Protokóle zapisano wymaganie stosowania najlepszych dostępnych technik w celu utrzymania emisji na niskim poziomie. Dla wsparcia realizacji Protokołu opracowano i wydano szereg dokumentów przewodnich – Przewodników, które dostarczają wiedzy na temat technik i instrumentów ekonomicznych pozwalających na redukcję emisji w przedmiotowych sektorach, włączając również transport.

Od 2007r Grupa Robocza ds. Strategii i Weryfikacji powołana przy UNECE pracuje nad aktualizacją Protokołu i przewodników⁸⁾. Na swojej 44 sesji w kwietniu 2009 Grupa ta przyjęła projekty, dotyczące uaktualnienia załączników technicznych: IV, V, VI i VIII do Protokołu oraz przewodników, w tym Przewodnika w sprawie technik ograniczania emisji siarki, NO_x, VOC i pyłów ze źródeł stacjonarnych. Ponadto podjęto decyzję o opracowaniu nowych załączników do Protokołu dotyczących emisji pyłów i zawartości lotnych związków organicznych (VOC) w produktach. Uznano za potrzebne rozszerzenie zakresu objętych Protokółem branż przemysłowych i źródeł emisji. W kręgu zainteresowania znalazły się również źródła z przemysłu celulozowo-papierniczego: kocioł regeneracyjny, piec wapienny oraz kotły pomocnicze.

Zostały opracowane i przedstawione do uzgodnień oraz zatwierdzenia projekty następujących dokumentów:

- Przewodnik w sprawie technik ograniczenia emisji siarki, tlenków azotu, VOC i pyłów ze źródeł stacjonarnych⁹⁾
- Załącznik nr VII do Protokołu z Göteborga dotyczący granicznych wartości emisji pyłów ze źródeł stacjonarnych⁸⁾

Oba te dokumenty odnoszą się do emisji z przemysłu celulozowo-papierniczego. W rozdziale 7.15 Przewodnika⁹⁾ zawarto krótkie opisy procesów produkcji chemicznych mas celulozowych metodą siarczanową (kraft) i metodą siarczynową, zidentyfikowano główne źródła emisji zanieczyszczeń do powietrza oraz omówiono w skrócie techniki BAT służące ograniczeniu tych emisji. Podano również poziomy emisji zanieczyszczeń (SO₂, NO_x i pyłów) związane z zastosowaniem BAT (tzw. BAT AEL – BAT Associated Emission Levels). W Załączniku VII do Protokołu z Göteborga⁸⁾ w punkcie 13, tabela 10, przedstawiono sugerowane opcje dla dopuszczalnych wartości emisji pyłów z produkcji masy celulozowej.

Poniżej w tabelach 4 i 5 zestawiono proponowane w ww. dokumentach dopuszczalne (graniczne) wartości emisji dla źródeł z przemysłu celulozowego z wartościami charakteryzującymi rzeczywiste poziomy emisji z celulozowni europejskich ²⁾.

Tabela 4. Porównanie poziomów emisji zanieczyszczeń z kotłów regeneracyjnych (kraft) z wartościami BAT AEL oraz proponowanymi wartościami dopuszczalnymi dla pyłów

Zanieczyszczenia	Poziomy emisji ²⁾ mg/Nm ³	Zalecane techniki BAT ⁹⁾	BAT AEL ⁹⁾ mg/Nm ³	ELV ^{*)} dla pyłów ⁸⁾ mg/Nm ³
SO ₂ jako S	5 ÷ 400	Skruber z natryskiem alkalicznym o skuteczności >90%	10 ÷ 50	nie dotyczy
		Zateżanie ługu czarnego do zawartości s.s. >75% i spalanie w kotle typu "low odour"	5 ÷ 10	
NO _x jako NO ₂	100 ÷ 260	Palnik niskoemisyjny, kilku stopniowy system zasilania powietrzem	80 - 120	nie dotyczy
Pyły	10 ÷ 200	Wysokosprawny elektrofiltr w połączeniu ze skruberem do zatrzymywania SO ₂	30 ÷ 50	40 ÷ 80

*) - Sugerowane opcje dopuszczalnej wartości emisji pyłów, [wg literatury poz. 8]

Tabela 5. Porównanie poziomów emisji zanieczyszczeń z pieca wapiennego (metoda kraft) z wartościami BAT AEL oraz proponowanymi wartościami dopuszczalnymi dla pyłów

Zanieczyszczenia	Poziomy emisji ²⁾ mg/Nm ³	Zalecane techniki BAT ⁹⁾	BAT AEL ⁹⁾ mg/Nm ³	ELV ^{*)} dla pyłów ⁸⁾ mg/Nm ³
SO ₂ jako S	5 ÷ 450	nie określono w analizowanych dokumentach	nie określono w analizowanych dokumentach	nie dotyczy
NO _x jako NO ₂	piec opalany olejem: 240 ÷ 380	Regulacja parametrów spalania	piec opalany olejem: 80 - 180	nie dotyczy
	piec opalany gazem: 380 ÷ 600		piec opalany gazem: 300 ÷ 400	
Pyły	10 ÷ 200	Wysokosprawny elektrofiltr	30 ÷ 50	40 ÷ 80

*) - Sugerowane opcje dopuszczalnej wartości emisji pyłów, [wg literatury poz. 8]

Wniosek końcowy

Nowe propozycje w sprawie dopuszczalnych poziomów emisji ze źródeł w przemyśle celulozowo-papierniczym dotyczą procesów i instalacji, dla których dotychczas nie obowiązywały ściśle ustalone standardy emisyjne. Propozycje te stanowią poważne wyzwanie dla zakładów branży papierniczej.

5. Wykorzystane źródła informacji

-
- ¹⁾ Michniewicz M. Ograniczenie emisji złownych gazów z celulozowni siarczanowych, Proceedings of the International Scientific Conference AIR PROTECTION IN THEORY & APPLICATION, Zabrze 1998, s. 383-397
 - ²⁾ Dokument referencyjny BREF dla przemysłu celulozowo-papierniczego, Sewilla, grudzień 2001
 - ³⁾ Webb L.: Pulp, paper, power and the planet, PPI 10/2007, s.37-38
 - ⁴⁾ The Finnish Background Report for the EC Documentation of Best Available Techniques for Pulp and Paper Industry, Helsinki 1997, s. 82-83
 - ⁵⁾ Michniewicz M. Technologie ograniczania emisji zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego w przemyśle celulozowym, Przemysł Chemiczny, 2003, nr 8-9, s. 1041-1044
 - ⁶⁾ Ecocyclic Pulp Mill – KAM – Final Report, STFI praca zbiorowa, Stockholm, czerwiec 2003, s. 14-16
 - ⁷⁾ <http://www.unece.org/env>
 - ⁸⁾ Dokument UNECE nr ECE/EB.AIR/WG.5/2009/21 – Options for Revising the Gothenburg Protocol: Draft Technical Annex on Dust – Annex VII: Limit values for emissions of dust from stationary sources
 - ⁹⁾ Guidance document on control techniques for emissions of sulphur, NOx, VOCs, dust from stationary sources, Chapter 7.15. Pulp production, 5 June 2009