

## 6. Papiernictwo i procesy pokrewne

Ta sekcja opisuje produkcję głównych rodzajów papieru i tektury, które są wytwarzane w europejskich papierniach.

Do produkcji różnych rodzajów papieru stosuje się, jako główne surowce, zarówno włókna pierwotne (masy celulozowe bądź mechaniczne), jak i włókna wtórne. W Europie istnieje wiele zakładów wytwarzających papiery z mieszanek mas włóknistych. Skład surowca do wyrobu papieru jest determinowany - dzisiaj bardziej niż kiedykolwiek wcześniej - przez koszt poszczególnych składników. Zestaw surowców użytych do wyrobu papieru (dla przykładu: masa włóknista, mineralne wypełniacze, powłoka) ma największy wpływ na całkowite koszty produkcji, jakość produktu oraz na oddziaływanie procesu produkcyjnego na środowisko naturalne. Wytwarzanie włókien stosowanych do wyrobu papieru zostało opisane w rozdziałach 2 – 5. W bieżącym rozdziale wytwarzanie papieru i tektury opisano abstrahując od wyrobu masy włóknistej. Takie podejście uznano za rozsądne, ponieważ w każdej papierni celowe jest użycie tych samych procesów jednostkowych w ciągu maszyny papierniczej i tekturkowej. Opisanie wyrobu papieru, jako części zakładu zintegrowanego z wytwórcami mas włóknistych, pogłębiłby złożoność takiego opisu technicznego. Według dostępnych danych liczbowych większość papierni w Europie to zakłady niezintegrowane.

Chociaż istnieje duże zróżnicowanie wytworów papierowych oraz różne usytuowania urządzeń do prowadzenia poszczególnych procesów w papierniach, to prawie wszystkie odmiany procesów wytwarzania papieru i tektury zawierają następujące jednostki podstawowe:

- Przygotowanie masy
- Układ doprowadzenia masy do wlewu
- Maszyny papiernicza i tekturkowa składające się z:
  - - Wlewu, który wprowadza zawieszinę włókien na sito oraz tworzy jednorodną dyspersję włókien na całej szerokości sita;
  - - Części sitowej, która odwadnia wstęgę papieru do zawartości ok. 12-20 % substancji stałej;
  - - Części prasowej, która usuwa więcej wody z tej wstęgi przez odprasowanie do zawartości wilgoci ok. 50 %;
  - - Części suszącej, która usuwa resztki wilgoci przez ogrzewanie tej wstęgi za pomocą cylindrów suszących;
  - - Nawijaka, który nawija tę wstęgę w postaci zwoju.
- Zależnie od odmiany papieru lub tektury występują (fakultatywnie) dodatkowe jednostki procesowe, takie jak: kalandry, powlekarki, oddział przygotowania mieszanki powlekającej, przewijarko-krajarki i oddział pakowania zwojów.

Poniżej opisano te jednostki podstawowe wyrobu papieru. W opisach tych ujęto główne dodatki i chemikalia stosowane w papiernictwie. Ich właściwości oceniane pod względem oddziaływania na środowisko naturalne omawia się bardziej szczegółowo w załączniku 1. Dołączono akapit o obiegach wodnych, jako że papiernictwo potrzebuje znacznych ilości wody. Ujęto również powlekanie oraz ważne procesy wykończeniowe.

## 6.1 Stosowane procesy i techniki

### 6.1.1 Przygotowanie masy

Przygotowanie masy ma na celu jej przetworzenie, tak aby miała ona formę odpowiednią (masa papiernicza) do wprowadzenia do układu maszyny papierniczej. Masę dla maszyny papierniczej przygotowuje się, uwzględniając domieszki różnych mas włóknistych, rozcieńczanie oraz dodatek chemikaliów. Stosowane półprodukty włókniste wyjściowe, to różne typy masy celulozowej, mechanicznej oraz makulatura, a także mieszaniny ich włókien. Wyjściowy półprodukt włóknisty jest dostępny w postaci arkuszy w belach, luźnego materiału lub w przypadku zintegrowanego zakładu, jako zawiesina włókien w wodzie. Przygotowanie masy składa się z kilku etapów z przystosowanymi wzajemnie procesami, takimi jak: rozwłóknianie, oczyszczanie, obróbka włókna, jego magazynowanie i mieszanie. Układy przygotowania masy różnią się znacznie zależnie od wyjściowego półproduktu włóknistego oraz od wymaganej jakości masy papierniczej. Dla przykładu, w przypadku zawiesiny włókien przepompowywanej bezpośrednio z wytwórni masy włóknistej pomija się etapy rozczyniania masy oraz rozbijania pęczków włókien.

Przygotowanie masy polega na: usuwaniu zanieczyszczeń, doprowadzeniu do odpowiedniego poziomu właściwości wytrzymałościowych włókien (w wyniku rafinowania, czyli mielenia w młynie ciągłego działania) oraz dodawaniu chemikaliów dla usprawnienia procesu produkcyjnego oraz oddziaływania na końcową jakość arkusza papieru (żywice syntetyczne, środki wodo-utrwalające, barwniki, wypełniacze). Do zakładów niezintegrowanych włókna są dostarczane w postaci wysuszonej. Rozprowadza się je w wodzie w rozczyniaczu wirowym, celem utworzenia zawiesiny dającej się pompować. Następnie usuwa się z powstałej zawiesiny stałe cząstki zanieczyszczeń poprzez sortowanie (w sortownikach) oraz oczyszczanie (w hydrocyklonach). Celem sortowania jest usunięcie z włókien niepożądanych substancji. Zawiesinę włóknistą przepuszcza się przez sito z otworami w postaci szczelin lub okrągłych dziurek, a te zanieczyszczenia, które mają być oddzielone, są odrzucane przez to sito. Natomiast oczyszczanie, to wydzielanie zanieczyszczeń z zawiesiny włóknistej poprzez działanie siły odśrodkowej. Oczyszczanie przeprowadza się w hydrocyklonach, przy czym wyróżnia się hydrocyklony do oddzielania cząstek zanieczyszczeń ciężkich lub lekkich, zależnie od tego, co jest celem separacji. Zazwyczaj hydrocyklony stosuje się w układach wielostopniowych (do 5 stopni).

Aby poprawić zdolność wiążącą pojedynczych włókien, które utworzą następnie strukturę gotowego papieru, można je poddać rafinowaniu czyli procesowi mielenia w młynach ciągłego działania (fakultatywnie).

Rafinowanie ma na celu przygotowanie włókien do zapewnienia wymaganych właściwości wytworzonego z nich papieru. Rafinowanie prowadzi się w rafinerach wyposażonych (na przykład) w tarczę obrotową dociskaną do tarczy nieruchomej. Energia elektryczna zużywana podczas rafinowania, jako części procesu wyrobu papieru, mieści się zazwyczaj w przedziale od 100 do 500 kWh/t dla większości papierów, ale jej zużycie może dochodzić do 3000 kWh/t w produkcji papierów specjalnych. Zatem w niezintegrowanej papierni stosującej masę celulozową rafinowanie będzie stanowić największe zużycie energii elektrycznej (suszenie to znaczne zużycie ciepła). Praktycznie cała ta energia wprowadzana dla napędu urządzeń rafinujących włókna zamienia się w ciepło i nie ma tu możliwości odzyskiwania energii, jednakże wytworzone ciepło przyczynia się do podwyższenia temperatury w tym procesie.

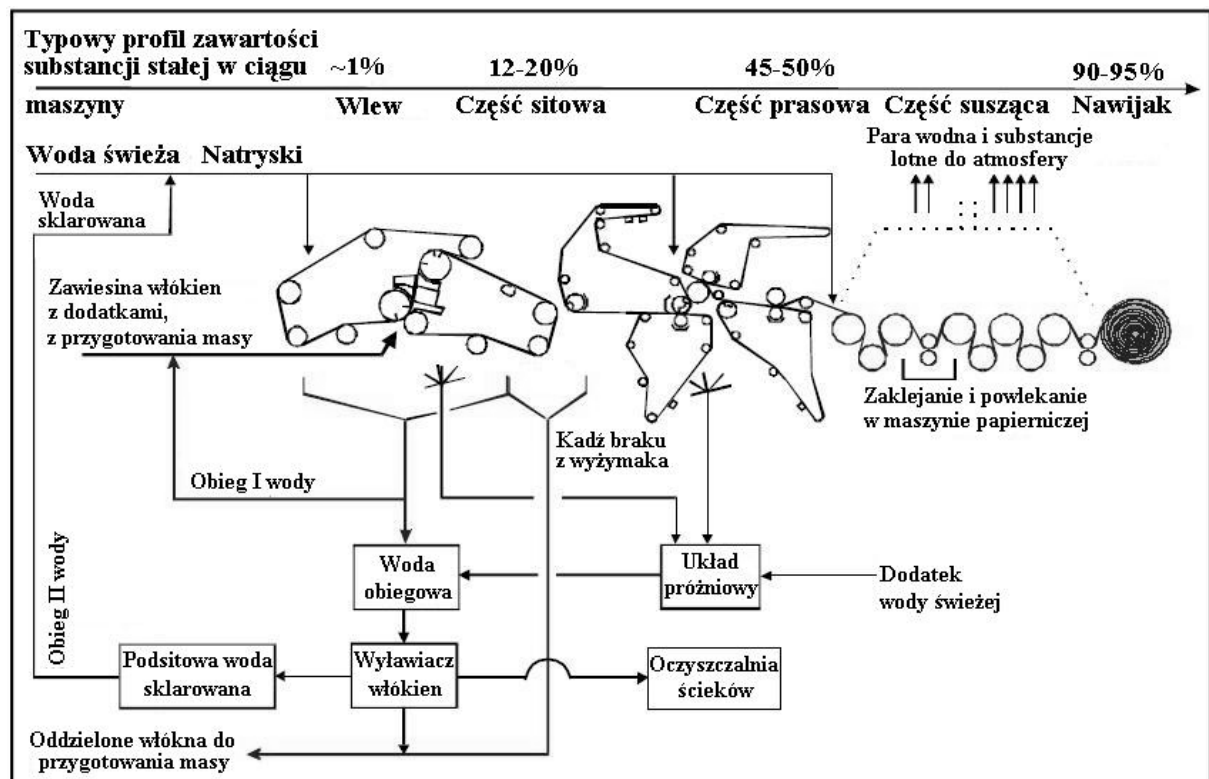
Cały dział przygotowania masy dla maszyny papierniczej zazwyczaj składa się z kilku linii technologicznych, w których przygotowuje się różne masy włókniste. Przerób braku własnego z

maszyny papierniczej stanowi również część tego procesu (patrz sekcja 6.1.4). Na koniec zawieszina masy jest pompowana do kadzi magazynowych lub kadzi mieszalnych. Te kadzie służą jako bufor między działem przygotowania masy, a konkretną maszyną papierniczą, pomagając w utrzymaniu ciągłości procesu produkcyjnego. W kadziach mieszalnych przygotowane masy są mieszane w proporcjach odpowiednich dla produkcji danej odmiany papieru, tam wprowadza się wymagane dodatki masowe i doprowadza się stężenie włókna do prawidłowego poziomu.

### 6.1.2 Maszyna papiernicza

W maszynie papierniczej formuje się papier i określa się zarazem większość właściwości tego papieru. Maszyna papiernicza to w istocie duże urządzenie odwadniające, składające się z wlewu i z następujących części: sitowej, prasowej oraz suszącej. Najpopularniejszym modelem maszyny papierniczej, aż do chwili obecnej, pozostaje maszyna płaskositowa, formująca wstęgę na ciągłym sicie (z drutu lub z tworzyw sztucznych), na które wprowadza się zawieszinę włókien z wlewu. Obecnie do formowania wstęgi stosuje się urządzenia formujące dwusitowe, które osiągnęły pozycję najnowocześniejszych rozwiązań. W dwusitowych urządzeniach formujących między dwa sita przemieszczające się z tą samą prędkością wprowadza się zawieszinę włókien, którą następnie odwadnia się od strony jednego sita lub obu. Istnieją różne odmiany dwusitowych formerów (dla przykładu, former szczelinowy, w którym rozcieńczona masa jest wstrzykiwana bezpośrednio w szczelinę między tymi dwoma sitami) oraz formery hybrydowe, stanowiące kombinacje maszyny płaskositowej z układami dwusitowymi.

Rysunek 6.1 pokazuje kluczowe elementy maszyny papierniczej.

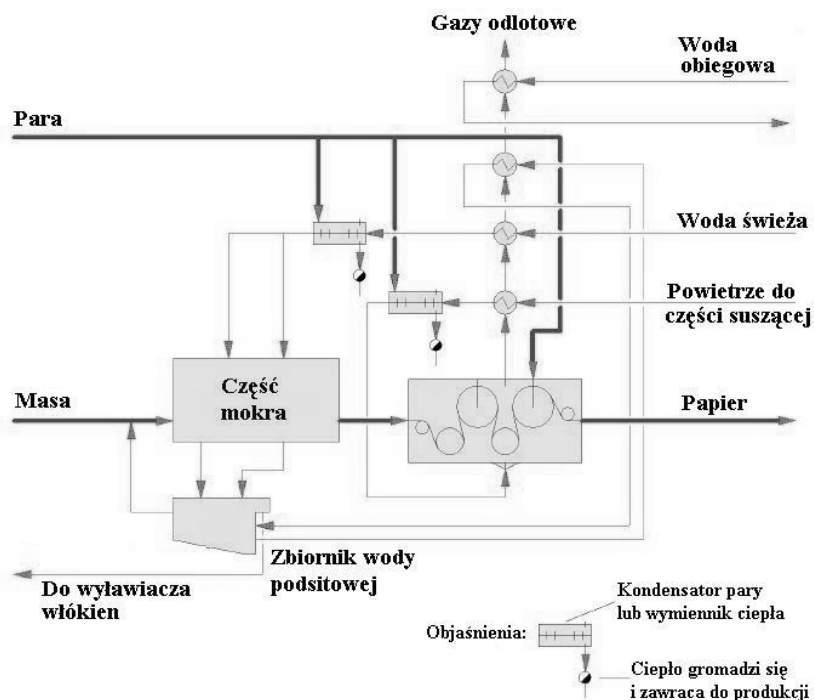


Rysunek 6.1: Kluczowe elementy dwusitowej maszyny papierniczej

Papier wytwarza się przez wprowadzenie rozcieńczonej zawiesiny włókien, a ewentualnie także wypełniaczy, barwników oraz innych dodatków chemicznych – na gęste sito, przez które odpływa woda pozostawiając osadzoną na tym sicie wstęgę z włókien, frakcji drobnej i wypełniaczy. Zawiesina włóknista o stężeniu zazwyczaj między 0,2, a 1,5 % jest doprowadzana do części sitowej poprzez wlew. Zadaniem wlewu jest wytworzenie jednorodnej zawiesiny włókien na całej szerokości sita, w celu osiągnięcia jednorodnego formowania papieru. Przez ten czas, gdy formująca się wstęga papieru zostaje odwodniona na sicie do zawartości substancji stałej około 10-20% postępuje jej samoumocnienie tak, że może ona być odprowadzona z sita do kolejnych operacji prasowania i suszenia. Odpływ wody przez sito jest wspomagany przez, tzw. elementy odwadniające. Jako ich przykłady można wymienić wałki rejestrowe, listwy odwadniające oraz skrzynki ssące. Wszystkie one znajdują się pod sitem, a w wyniku ich działania zazwyczaj w odległości ok. 10 metrów od wlewu wstęga papieru jest już uformowana. W dwusitowych formerach ciśnienie odwadniania powstaje również w wyniku naciągu sit tkanych z tworzyw sztucznych na zakrzywionych powierzchniach skrobaków lub wałów. Prędkości maszyn różnią się znacznie, a wstęga na najszybszych maszynach (zazwyczaj są to maszyny produkujące papier gazetowy) przemieszcza się z prędkością 1500 m/min. przy szerokości wstęgi 10 metrów. Maszyny produkujące bibułkę tissue, jakkolwiek o mniejszej szerokości wstęgi, obecnie pracują z prędkościami przekraczającymi 2000 m/min. Niektóre maszyny posiadają po kilka sit dla wyrobu wielowarstwowych papierów lub tektur.

Niesioną na filcach wstęgę papieru wprowadza się do części prasowej między wałami i z użyciem układów próżniowych po to, by usunąć z niej więcej wody, zazwyczaj do 60-55% zawartości wilgoci, a w niektórych przypadkach do ok. 50%. Następnie przechodzi ona do części suszącej, gdzie suszenie dokonuje się zazwyczaj na cylindrach ogrzewanych parą, a osłoniętych okapturzeniem. W części suszącej wstęgę suszy się do osiągnięcia końcowej suchości 90-95%. Niemal całe ciepło użyte w procesie suszenia gromadzi się w powietrzu odlotowym z okapturzenia części suszącej. Jego temperatura zazwyczaj wynosi 80-85 °C, a zawartość wilgoci 140-160 gramów wody na 1 kg suchego powietrza. Część tej wilgoci (ok. 1-1,5 m<sup>3</sup> na 1 tonę papieru) jest odprowadzana do atmosfery. Ze względów ekonomicznych wszystkie papiernie instalują układy odzyskiwania ciepła. Rysunek 6.2 prezentuje schematyczny obraz części suszącej z układem odzyskiwania ciepła w ciągu maszyny papierniczej.

W pierwszym wymienniku ciepła tego układu ogrzewa się powietrze wprowadzane do suszarni, a następny wymiennik służy do podgrzewania wody świeżej. Niekiedy odzyskiwane ciepło służy również do podgrzania wody podsitowej, by w ten sposób skompensować straty ciepła w części mokrej. Ostatni wymiennik ciepła jest używany dla wody obiegowej, której używa się do podgrzania powietrza do wentylacji. Wprowadzane powietrze oraz woda do natrysków są dodatkowo ogrzewane do wymaganych temperatur (odpowiednio: 90-95 °C oraz 45-60 °C) z użyciem pary.



Rysunek 6.2: Układ odzyskiwania ciepła w maszynie papierniczej

Tabela 6.1 zawiera przykładowe dane o przepływie ciepła w typowej dużej i nowoczesnej maszynie papierniczej, o zdolności produkcyjnej 240 120 ton na rok (667 ton na dobę). Suchość wstęgi wprowadzanej do części suszącej wynosi 44,5%, a wyprodukowanego papieru 91%. Temperatura powietrza odlotowego z okapturzenia części suszącej wynosi  $82^{\circ}\text{C}$  i zawiera ono 160 gramów wody w 1 kg suchego powietrza. Dane przedstawione w tej tabeli odnoszą się do warunków zimowych panujących w Skandynawii. W ciepłym klimacie udział wody obiegowej zmniejszy się lub wręcz zaniknie, zaś udział powietrza wypuszczanego do atmosfery odpowiednio wzrośnie.

Umiejscowienie odzysku lub straty ciepła	Wielkość przepływu ciepła z części suszącej, [MW] lub w [MJ/t]	Rozdział ciepła, [%]
Powietrze wprowadzane do suszarni	1,8 MW lub 233 MJ/t	6
Woda podsitowa	3,6 MW lub 466 MJ/t	11
Woda świeża	5,5 MW lub 712 MJ/t	19
Woda obiegowa	8,0 MW lub 1036 MJ/t	27
Wydmuch do atmosfery	10,8 MW lub 1399 MJ/t	37
Ciepło całkowite w powietrzu odlotowym z okapturzenia suszarni	29,7 MW lub 3847 MJ/t	100

Tabela 6.1: Przykład odzyskiwania ciepła i jego strat w maszynie papierniczej o produkcji 667 ton na dobę [dane firmy Valmet].

Podane wartości odnoszą się do warunków zimowych w Skandynawii. W krajach o cieplejszym klimacie nie ma potrzeby podgrzewania wody obiegowej, która służy do ogrzania hali maszyny papierniczej.

Pewną odmiennością w produkcji cienkich papierów maszynowo gładkich lub konwencjonalnej bibułki tissue jest stosowanie w maszynie papierniczej dużego cylindra ogrzewanego parą, tzw. cylindra Yankee. Wsuszenie wstęgi papierowej dokonuje się podczas obrotu tego cylindra.

W najprostszym przypadku papier z maszyny papierniczej jest nawijany na nawijaku, a powstałe zwoje przesyła się do cięcia i wykończenia. W innych przypadkach występuje różnorodność dodatkowych etapów produkcyjnych wprowadzonych do maszyny papierniczej. Prasa zaklejająca jest sekcją tej maszyny służącą do nanoszenia skrobi oraz innych chemikaliów na powierzchnię papieru poprzez zanurzanie lub natryskiwanie, a wprowadzona woda zostaje usunięta wkrótce potem w sekcji dosuszającej.

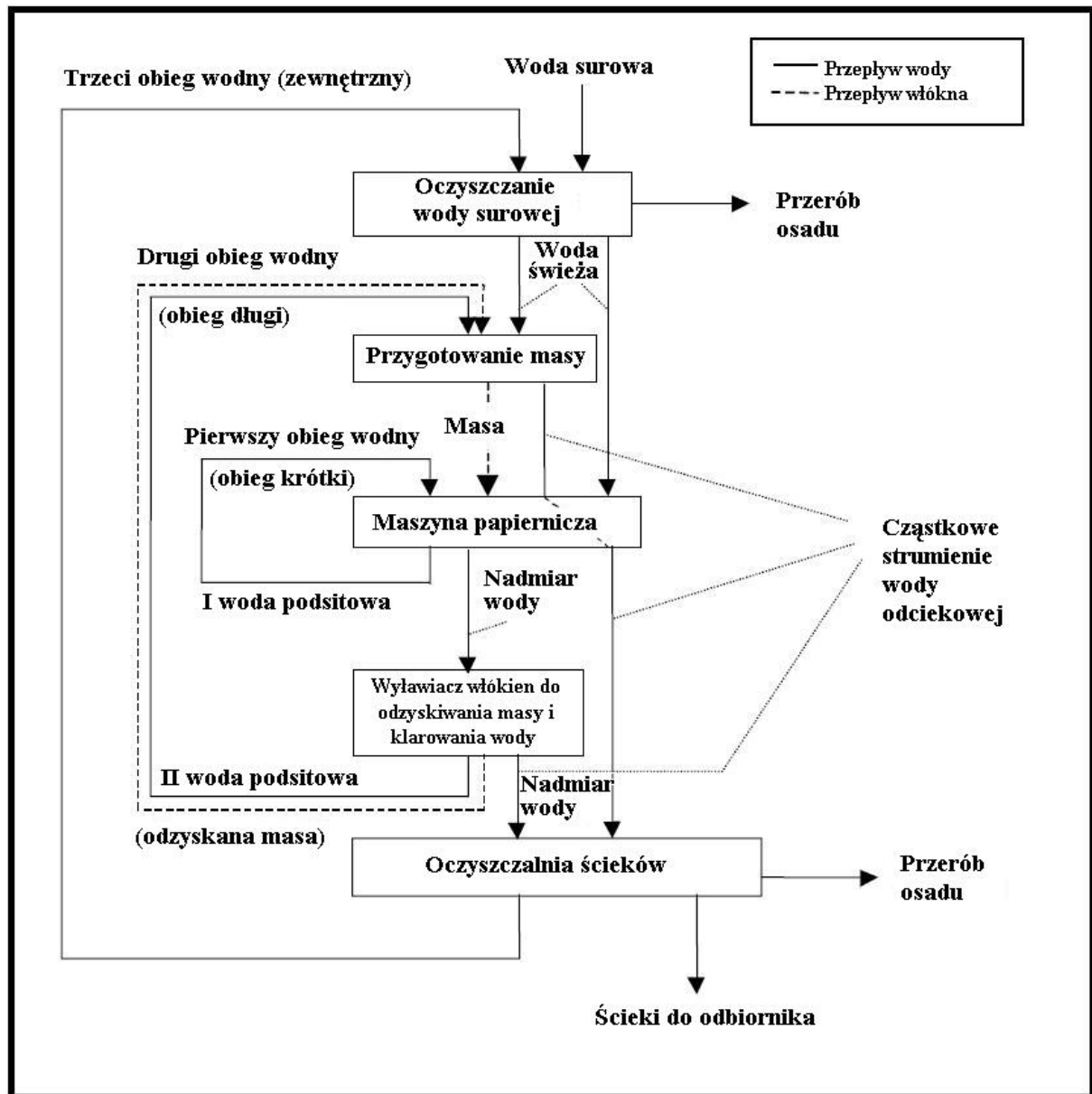
Zazwyczaj brzegi wstęgi papieru obcina się w sposób ciągły za pomocą dysz wodnych, a z chwilą, gdy wstęga opuszcza sito, obcinki te trafiają do kadzi braku pod wyżymakiem. Jeśli tylko wstęga się zerwie, co może zdarzyć się kilkakrotnie w ciągu doby, powstają znaczne straty w ilości wyprodukowanego papieru, podobnie jak przy rutynowym uruchomieniu maszyny. Powstający wówczas zdefektowany papier, określany jako „brak własny”, rozczynia się i zawraca do kadzi masowej w dziale przygotowania masy. Brak własny może być rozczyniany natychmiast lub przechowuje się go i wprowadza później do ciągu masowego. Brak własny barwny lub powlekany jest również zawracany do obiegu, jeśli to możliwe, ale niekiedy wymaga on przed tym bielenia lub innego traktowania chemicznego (patrz sekcja 6.1.4).

Istnieje potrzeba ciągłego zapobiegania osadzaniu się cząstek stałych na powierzchniach szybko przemieszczających się sit i filców oraz obracających się wałków, jako że mogłoby to prowadzić do zrywów wstęgi. Stosowane do tego celu natryski lub dysze rozpylające są najważniejszymi konsumentami wody świeżej lub wody oczyszczonej. Układy próżniowe mogą również zużywać znaczne ilości wody świeżej.

Ważną zasadą jest zatrzymanie (retencja) zarówno substancji stałych (włókno, frakcja drobna i cząstki pigmentu), jak i rozpuszczonych (dodane chemikalia, substancje organiczne z masy włóknistej, etc.) we wstędze papieru, a nie ich przejście przez sito i pozostawanie w obiegu wodnym. W sposób oczywisty ma to wpływ na prawdopodobne miejsce przeznaczenia dowolnej substancji - trafiającej do produktu lub do wody odciekowej. Do ustabilizowania retencji na założonym poziomie często stosuje się monitorowanie stężenia w linii produkcyjnej. Zatrzymanie substancji stałych na sicie maszyny można podwyższyć przez dodanie środków retencyjnych czyli chemikaliów poprawiających zatrzymanie, co jest standardową praktyką w produkcji większości rodzajów papieru, chociaż w przypadku niektórych rodzajów takie działanie jest niewskazane ze względu na jakość produktu.

### **6.1.3 Obiegi wodne i odzyskiwanie włókna**

W papierni występują trzy obiegi wodne: obieg pierwszy, obieg drugi oraz obieg trzeci; co schematycznie przedstawiono na rysunku 6.3.



Rysunek 6.3: Uproszczony schemat strumieni wody i zawiesiny masy w pielni

W pierwszym obiegu (obieg krótki) woda o znacznej zawartości włókna, cząstek frakcji drobnej i wypełniacza – otrzymana spod sita w strefie formowania wstęgi (woda podsitowa I) – jest zwracana do rozcieńczania masy papierniczej w układzie doprowadzania masy do wlewu maszyny papierniczej. Ten obieg utrzymuje się tak zamknięty, na ile to tylko możliwe.

Nadmiar wody ze strefy formowania wraz z wodą ze skrzynek ssących i pras, a także z wodą przemywającą, określa się mianem wody podsitowej II. Krąży ona w drugim obiegu (obieg długi) i jest zazwyczaj przeprowadzana przez wylawiacz włókien, którym mogą być instalacja do sedymentacji lub flotacji, względnie jednostka filtrująca w postaci filtra bębnowego lub tarczowego. Po przejściu przez te urządzenia nazywa się ją wodą sklarowaną.

Filtr tarczowy z masą niemieloną, stanowiącą warstwę podkładową, wytwarza zawiesinę masy zagęszczonej o najwyższym stężeniu (10-30%), a jest zaprojektowany tak, by osiągnąć trzy (lub cztery) poziomy wydzielenia włókna z wody podsitowej, od początkowego odciągu wody mętnej do kolejnych odciągów klarownego oraz przezroczystego filtratu. Ten mętny filtrat zazwyczaj zawraca się z powrotem do tego filtra jako wodę rozcieńczającą, ale może on również zastąpić wodę świeżą w tym procesie lub być użyty do rozcieńczania zawiesiny masy. Wyższy udział zawrócenia mętneho filtratu z powrotem do filtra tarczowego prowadzi do powstania czystszeo filtratu końcowego. Stężenie substancji stałych (frakcji drobnej i wypełniaczy) zawieszonych w klarownym filtracie wynosi zazwyczaj około 10-150 mg/l dla masy pierwotnej, a 100-400 mg/l dla masy wtórnej.

Instalacje flotacyjne są również stosowane jako wyławiacze włókien. W optymalnych warunkach efektywność systemów flotacyjnych wynosi często prawie 100%, prowadząc do stężenia zawiesiny 10-50 mg/l w wodzie sklarowanej (w przypadku masy pierwotnej). Stężenie masy wydzielonej na drodze flotacji wynosi od 3 do 10%. Instalacja flotacyjna składa się z: klarownika z przenośnikiem zgarniającym pianę zawierającą wyflotowane włókna i cząstki wypełniacza, urządzenia napowietrzającego klarowaną wodę, a także zestawu dozującego chemikalia niezbędne dla flotacji. Zaletą flotacji jest możliwość wydzielenia z klarowanej wody również niewielkich cząstek koloidowych, o ile przed flotacją należy je sflokulowano. Jest to szczególnie cenne w przypadku instalacji do przerobu makulatury (patrz sekcja 5.3.8 o odbarwianiu), gdzie duża część substancji stałych w wodzie produkcyjnej ma charakter koloidowy. W samej instalacji odbarwiającej wyflotowana na powierzchnię piana zawiera wydzielone cząstki farby drukarskiej i nie jest zawracana do procesu, lecz przepompowywana do odwadniania osadów.

Instalacje sedymentacyjne są przydatne do klarowania wody produkcyjnej zawierającej dużo wypełniacza, ale wymagają one dużych objętości i tym samym zajmują dużo miejsca.

Strumień masy odzyskanej w wyławiaczach włókien powraca do kadzi masowej, a sklarowane wody o zróżnicowanej jakości zawraca się do różnych zastosowań, w których zastępują wodę świeżą.

Trzeci obieg zawiera nadmiar wody z drugiego obiegu oraz dodatkowo wszelkie inne wody produkcyjne, które ze względu na stopień ich zanieczyszczenia nadają się lub nie nadają się bezpośrednio do ponownego użytku. Wody z trzeciego obiegu poddaje się oczyszczaniu w chemiczno-mechaniczej i/lub w biologicznej oczyszczalni ścieków. Do chwili obecnej ponowne użycie oczyszczonych wód nie jest w pełni możliwe w produkcji wszystkich rodzajów papieru. W niektórych przypadkach oczyszczona woda wraca do procesu w części zależnej od jakości produktu i lokalnych warunków. Zamknięcie obiegów wodnych osiągnięto jedynie w nielicznych papierniach wytwarzających papier na warstwę pofalowaną (do wyrobu tektury falistej) z włókien wtórnych (patrz sekcja 5.3.4) lub produkujących tekturę.

Z tego opisu można zorientować się, że w części mokrej maszyny papierniczej jest wymagana bardzo duża ilość wody oraz, że ma tam miejsce znaczny stopień recyrkulacji wody w różnych jej obiegach. Z kolei w części suszącej maszyny na każdą tonę wyprodukowanego papieru odparowuje się zazwyczaj około 1-1,5 m<sup>3</sup> wody, która tym samym znika z procesu. Natomiast „suchy” papier w normalnej atmosferze zawiera około 6 do 10 % wody.

### 6.1.4 Układ braku własnego

Określenie „brak własny” odnosi się do wszelkiego uformowanego papieru, od początku procesu wyrobu papieru aż do wykończonego produktu, którego nie wysyła się do klienta jako produkt finalny. Brak własny występuje w różnych postaciach oraz w zmiennych ilościach, a jego wytwarzanie jest nierozłącznie związane z produkcją papieru.

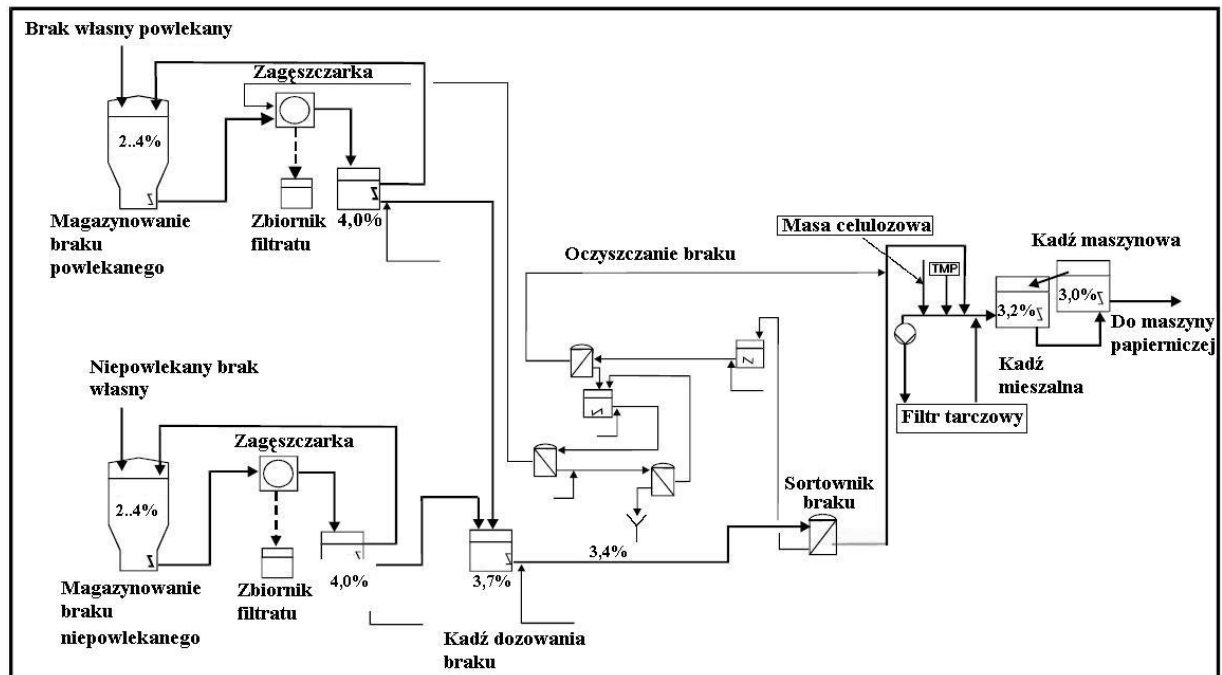
Głównym celem przerobu braku własnego jest zawrócenie włókna papierniczego z powrotem do procesu bez zakłócenia jednorodności oraz jakości masy wpływającej do maszyny papierniczej. Każda maszyna papiernicza jest inna. Nie ma dwóch maszyn, które byłyby dokładnie takie same, nawet w przypadku maszyn produkujących ten sam rodzaj papieru. Zatem jest zrozumiałe, iż nie ma dwóch układów braku własnego, które byłyby podobne (z chemicznego punktu widzenia).

Udział braku własnego powstającego w czasie wyrobu papieru stanowi zazwyczaj 5-20% zdolności produkcyjnej maszyny. Niekiedy może on osiągnąć nawet 50% normalnej produkcji.

Brak własny z maszyny papierniczej powstaje w różnych miejscach, zależnie od konkretnych warunków. Brak własny jest tworzony podczas zrywów wstęgi. Nawet podczas niezakłóconej pracy powstaje mokry brak własny, w postaci obcinków z obu brzegów wstęgi w części sitowej, a suchy brak własny jest wytwarzany w operacjach wykańczania papieru. Masy włókniste pochodzące z braku własnego z części mokrej lub suchej maszyny papierniczej nie są identyczne w kategoriach ich charakterystyki papierniczej.

W przypadku maszyn produkujących papiery powlekane, układ przerobu braku własnego wymaga różnych wież magazynowych dla mokrego (czyli niepowlekanego) oraz suchego (powlekanego) braku własnego (patrz rysunek 6.4). Rysunek ten pokazuje możliwe rozplanowanie elementów układu braku własnego w papierni wytwarzającej papier powlekany.

Rozczyniony brak własny jest pompowany z wież magazynowych do zagęszczarek, gdzie usuwa się nadmiar wody, a zagęszczonym brakiem zasila się kadź dozującą, w której miesza się razem zawiesiny powstałe z powlekanego oraz z niepowlekanego braku własnego. Po tej kadzi dozującej, zawiesina z braku własnego jest poddawana kilkustopniowemu oczyszczaniu, by zminimalizować ilość odrzutu, który nie będzie nadawał się do zawrócenia do procesu. Oczyszczona masa z braku własnego jest spuszczana do głównej kadzi mieszalnej, skąd ostatecznie skomponowaną masę papierniczą pompuje się do maszyny papierniczej poprzez układ dodatkowego oczyszczania.



**Rysunek 6.4:** Możliwe rozplanowanie elementów układu braku własnego w papierni wytwarzającej papier powlekany. W oddzielnych zbiornikach magazynuje się zawiesziny powstałe z rozczyniania braku powlekanego i niepowlekanego.

### 6.1.5 Zaklejanie (fakultatywne)

Zaklejanie zazwyczaj oznacza zaklejanie w części mokrej, gdzie syntetyczne środki zaklejające lub skrobię dodaje się bezpośrednio do masy po to, by w wytworzonym z niej papierze zredukować naturalną zdolność do zasysania cieczy. W procesie zaklejania skrobię lub inne środki zaklejające wprowadza się do włóknistej matrycy, aby podwyższyć wytrzymałość papierowego podłoża oraz zmodyfikować te właściwości powierzchniowe, które odnoszą się do przyjęcia cieczy przez papier podczas pisania, zadrukowywania lub powlekania. Zaklejanie w części mokrej stosuje się - dla przykładu - w wyrobie wysokogatunkowych papierów do druku i do pisania (zazwyczaj bezdrzewnych) oraz niektórych specjalnych rodzajów papieru.

Potencjalnie niekorzystne oddziaływanie stosowania kleju na środowisko wynika głównie z jego przechodzenia do wody. W obiegach wodnych oznacza się znacznie wyższe wartości ChZT, jeśli wprowadzono kleje do masy papierniczej. Także rozczynianie zaklejonego braku własnego i wprowadzenie go do obiegu podwyższa nieco ChZT w obiegach wodnych. Z kolei jednym z głównych źródeł BZT przy produkcji zaklejanych powierzchniowo skrobią papierów do pisania oraz wysokogatunkowych papierów drukowych jest brak własny po jego rozczynieniu.

Kleje mogą również być nanoszone na powierzchnię papieru (zaklejanie powierzchniowe), aby uniknąć pylenia papieru w procesie drukowania offsetowego. Zaklejanie powierzchniowe poprawia także odporność papieru na zrywanie powierzchni. W zaklejaniu powierzchniowym wstęga papieru przechodzi przez nadmiar cieczy zaklejającej, gromadzącej się ponad strefą styku walców prasy zaklejającej, które prasują tę wstęgę. W wyniku tego owa wstęga papieru absorbuje płyn zaklejający, a ilość pobranego kleju zależy od suchości wstęgi, która przed prasą zaklejającą może dochodzić do 98 %.

Technologia zaklejania papieru w prasie zaklejającej ostatnio została usprawniona wraz z wprowadzeniem prasy powlekającej filmem klejowym, co stało się normą, wypierając dawną technologię, w której skutecznie pokrywano wstęgę klejem w strefie docisku między dwoma walcami. Prasy z filmem klejowym nanoszą regulowane ilości wodnej mieszanki klejowej, rozprowadzonej równomiernie na wstędze papieru, co dokonuje się najpierw poprzez wytworzenie filmu klejowego o jednorodnej grubości na przylegającym wale, a następnie przez przeniesienie tego filmu na wstęgę papieru, która zostaje jakby nim zadrukowana. Wodę naniesioną na papier w prasie zaklejającej odparowuje się w sekcji dosuszającej. Prasy zaklejające są stosowane głównie w produkcji papierów drukowych i do pisanie oraz papierów pakowych wytwarzanych z włókien wtórnych.

Jeśli klej jest наносzony w prasie zaklejającej, to w przypadku zmiany warunków pracy tego urządzenia tylko niewielkie ilości stężonego kleju trzeba będzie odprowadzić do ścieków.

Jakkolwiek obróbka w prasie zaklejającej jest pewną formą powlekania papieru dla poprawy właściwości jego powierzchni, to jednak termin „powlekanie” jest zazwyczaj zarezerwowany dla nanoszenia pigmentowej mieszanki powlekającej na powierzchnię papieru, w celu ulepszenia jego drukowności lub dla innych specjalistycznych zastosowań.

### 6.1.6 Powlekanie (fakultatywne)

Papier, jako tworzywo zbudowane z pojedynczych włókien, posiada stosunkowo szorstką powierzchnię. Ponieważ szorstkość ma negatywny wpływ na efekt zadrukowywania papieru, duże ilości papieru oraz tektury powleka się w celu osiągnięcia gładkiej powierzchni do drukowania. Termin „powlekanie” opisuje nanoszenie wodnej mieszaniny białych pigmentów, substancji wiążącej, a także różnych dodatków; na powierzchnię jednej lub obu stron papieru, w celu wytworzenia określonych właściwości powierzchniowych. Papier może być powlekany zarówno w urządzeniu, które stanowi integralną część maszyny papierniczej (w maszynie) lub w oddzielnej powlekarce (poza maszyną). Powleczona wstęga jest suszona w krótkiej sekcji suszącej z cylindrami ogrzewanymi parą, za pomocą promieni podczerwonych, gorącym powietrzem lub za pomocą kombinacji tych sposobów.

Skład mieszanki powlekającej jest w dużym stopniu determinowany przez wymagania, jakie dla danej techniki drukowania spełnić musi powierzchnia papieru. Mieszanki powlekające mogą być złożonymi mieszaninami wielu składników i wymagają odpowiedniego przygotowania, którego dokonuje się w tzw. kuchni mieszanek powlekających, gdzie miesza się poszczególne substancje oraz reguluje właściwości powstałej mieszaniny. Przyrządzona mieszanka powlekająca przepływa przez sortowniki, zanim zostanie wprowadzona do powlekarci. Niektóre surowce mogą być dostarczane z udziałem wody, co ułatwia posługiwanie się nimi oraz pozwala uniknąć kłopotów z pyleniem. Wszystkie mieszanki powlekające zawierają pewną odmianę substancji wiążącej. Dla dodania sztywności powłoce może być użyta skrobia, ale przed wprowadzeniem do mieszanki powlekającej musi być ona skleikowana. Stearyniany (wapnia i amonu) stosuje się jako środki poślizgowe, ułatwiające przebieg powlekania, a także nadające odpowiednią strukturę powierzchni. Używa się pigmentów, takich jak: drobno zmielony kaolin, węglan wapnia lub talk, a także barwników, rozjaśniaczy oraz innych specjalistycznych chemikaliów, dodawanych w niewielkich ilościach.

Powlekarci składają się z odwijaka, stanowiska (lub stanowisk) powlekających, stanowiących jednostki nanoszące mieszankę powlekającą, z części suszącej (stosuje się promienniki podczerwieni, gorące powietrze i ogrzewane cylindry) oraz z nawijaka. Instaluje się w nich różne urządzenia pomiarowe i sterujące dla zapewnienia prawidłowego przebiegu powlekania.

Niemal wszystkie mieszanki powlekające przygotowuje się w środowisku wodnym, a nanosi się je z użyciem wałków, noża powietrznego, prasy powlekającej lub stosując systemy powlekania skrobakowego oraz z prętem dozującym. Celem tych wszystkich metod jest osadzenie na powierzchni wstęgi papieru powłoki o założonej grubości. Powlekarki z nożem powietrznym pracują z mieszankami powlekającymi o stężeniu substancji stałych około 30-50%, a w innych powlekarkach stosuje się mieszanki o stężeniach od 50 do 70 %. Nadmiar mieszanki powlekającej z powlekarki jest zazwyczaj zwracany do obiegu, przechodząc przez układ ciągłej filtracji, aby usunąć włókna oraz inne zanieczyszczenia w celu zachowania jakości mieszanki powlekającej. Filtry te czyści się w regularnych odstępach czasu i w ten sposób powstaje stężony strumień ścieków.

Rozróżnia się różne rodzaje powlekanego papieru i tektur, niemniej klasyfikacja powlekaných wytworów papierowych nie została dotychczas ujednoczona. Jednakże, niektóre terminy określające główne rodzaje powlekanego papieru i tektury stosuje się w całej Europie. Opisano je pokrótce poniżej.

**Wielokrotnie powlekany papier bezdrzewny** (ang.: *art paper*). Ten termin odnosi się do papieru bezdrzewnego lub zawierającego tylko nieznaczny udział masy mechanicznej, który powleka się po obu stronach. Gramatura powłoki przekracza  $20 \text{ g/m}^2$  na jedną stronę, co prowadzi do całkowitego zaniku obrazu włóknistej struktury powierzchni papieru podłożowego. Dla uzyskania wymaganej wysokiej jakości nanosi się do trzech warstw mieszanki powlekającej na każdą stronę. Ten papier stosuje się do wysokiej jakości produktów zadrukowanych.

**Papiery powlekane w maszynie papierniczej.** Ten rodzaj obejmuje zarówno papiery bezdrzewne jak i drzewne z powłokami o gramaturze do  $18 \text{ g/m}^2$  na stronę, które nanosi się w powlekarce usytuowanej w ciągu maszyny papierniczej produkującej papier stanowiący podłoże dla tych powłok. Wyższe gramatury powłok uzyskuje się często przez naniesienie dwóch warstw mieszanki powlekającej. Ich receptury są uproszczone w porównaniu ze stosowanymi w produkcji papierów powlekaných omówionych powyżej. Papiery powlekane w maszynie papierniczej są używane głównie w poligrafii.

**Papiery powlekane o niskiej gramaturze powłoki** (*papiery LWC*). Skład włóknisty tych papierów zawiera przeważający udział masy mechanicznej, a gramatura naniesionych powłok na ogół mieści się w przedziale  $5\text{-}12 \text{ g/m}^2$  na stronę. Papiery te – produkowane masowo – używa się do drukowania katalogów, magazynów, broszur reklamowych, itp. Zakresy gramatur powłoki mogą się przesuwac w dół (papiery Ultra-LWC), jak również w górę (papiery powlekane o średniej gramaturze powłoki, czyli papiery MWC), a także papiery powlekane o wysokiej gramaturze powłoki (papiery HWC). Te ostatnie obecnie często powleka się dwukrotnie z każdej strony, a w takim przypadku konsekwentnie zalicza się je do grupy papierów powlekaných w maszynie papierniczej.

**Tektura pudełkowa i karton kredowany.** W tych odmianach tektur ich górną warstwę pokryciową z masy celulozowej bielonej powleka się w tekturnicy. Pozostałe warstwy mogą składać się z masy bielonej lub niebielonej, także z mas wtórnych. Gramatura powłoki zawiera się w przedziale od  $12$  do  $33 \text{ g/m}^2$ ; powłoka zazwyczaj składa się z dwóch warstw powłok: gruntującej oraz wierzchniej. Stosunkowo niedawno zaczęto nanosić trzy warstwy powłok. Do rzadkości należą przypadki powlekania spodniej strony tej tektury.

Emisja różnych substancji do wody jest zależna od sposobu funkcjonowania oddziały przygotowującego mieszanki powlekające oraz powlekarki, a także od podejmowanych działań dla odzyskiwania mieszanki powlekającej lub oddzielnego oczyszczania ścieków zawierających

mieszanę powlekającą (patrz 6.3.5 oraz 6.3.6). W niektórych zastosowaniach, w gazach uchodzących do atmosfery z okapturzenia części suszącej można oznaczyć nieco podwyższone stężenie lotnych związków organicznych (VOC).

Potencjalne emisje ścieków z powlekania do wód mogą być powodowane zarówno przez przelewy stężonych składników mieszanki powlekającej (o stężeniu około 50%), pochodzące z kuchni mieszanek powlekających lub z instalacji powlekającej, jak również przez rozcieńczone składniki mieszanki z przemywania zbiorników i rurociągów. Zrzuty ścieków stężonych mogą być gromadzone w zbiornikach lub przenośnych pojemnikach, w celu dołączenia ich do obróbki odpadów stałych. Rozcieńczone ścieki gromadzi się w zbiornikach, z których są odprowadzane do oczyszczalni ścieków. Zazwyczaj ścieki z powlekania wymagają oddzielnego oczyszczania wstępnego w instalacji flokulacji (patrz 6.3.6). W przeciwnym razie ścieki z powlekania mogą spowodować zaburzenia w funkcjonowaniu biologicznej oczyszczalni ścieków. W ostatnich latach technologia filtracji membranowej – opisana w sekcji 6.3.5 – okazała się być przydatną dla zawracania do obiegu mieszanki powlekającej. W miejscach zastosowania tej technologii w Finlandii, Szwecji, Francji oraz w Niemczech odzyskiwana w ten sposób mieszanka jest zawracana do kuchni mieszanek powlekających, gdzie dodaje się ją w pewnej proporcji do świeżo przygotowanej mieszanki powlekającej. Brak własny jest zwykle ponownie rozczyniany, tak że niektóre składniki powłoki wracają do obiegu wodnego.

### **6.1.7 Barwienie papieru (fakultatywnie)**

Kolorowe papiery otrzymuje się na drodze barwienia masy papierniczej lub powierzchni papieru (prasa zaklejająca, powlekanie papieru). Tymi samymi sposobami mogą być produkowane papiery rozjaśniane optycznie.

Barwienie masy papierniczej jest najpowszechniej stosowanym sposobem wytwarzania barwnego papieru. Barwniki, pigmenty, rozjaśniacze optyczne są dodawane bądź to okresowo do rozczyniacza wirowego czy kadzi mieszalnej, albo są one wprowadzane w sposób ciągły do płynącej zawiesiny masy. Dodawanie w sposób ciągły ma tę zaletę, iż w ciągu masy krótsza jest strefa, która musi być oczyszczona, gdy zmienia się barwę. Jednakże, ze względu na krótszy czas kontaktu dodatków barwiących z masą (w porównaniu ze sposobem okresowym), w przypadku papierów o intensywnych zabarwieniach uzyskuje się mniejszą wydajność barwników, a tym samym wymagane jest bardziej złożone wyposażenie dla takiego sposobu barwienia.

Gdy barwi się powierzchnię papieru w prasie zaklejającej, wówczas barwniki dodaje się do cieczy nanoszonej w tej prasie na papier. Barwienie powierzchniowe jest do przyjęcia tylko w indywidualnych przypadkach, ponieważ jednorodne zabarwienie papieru jest trudne do osiągnięcia. Natomiast przewaga tego procesu polega na tym, że nie wprowadza się barwników do obiegu wodnych.

Powierzchnie papierów mogą być również barwione na drodze powlekania. W typowym powlekanu (patrz 6.1.6) powierzchnia papieru lub tektury jest pokrywana powłoką pigmentową z białym pigmentem. W przypadku powłok kolorowych materiałem wyjściowym jest ta biała mieszanka powlekająca, a pożądany odcień barwny jest uzyskiwany przez dodanie dyspersji barwnego pigmentu organicznego lub nieorganicznego.

Zależnie od masy włóknistej, która ma być wybarwiona, a także od zamierzonego zastosowania danego papieru, stosuje się różne odmiany pigmentów i barwników, takie jak barwniki zasadowe (barwniki kationowe), barwniki bezpośrednie, barwniki kwasowe. Ponadto stosowane są środki

utrwalające i inne dodatki w celu poprawy utrwalenia barwnika oraz uzyskania lepszych wyników barwienia. Jako pigmentów w barwieniu papieru stosuje się zarówno pigmenty nieorganiczne oraz organiczne (np. azowe i ftalocyjaninowe), jak również sadzę.

Możliwe oddziaływanie barwienia papieru na środowisko to głównie emisje barwników do wody. Zwłaszcza w papierniach kilkakrotnie w ciągu doby zmieniających kolory lub ich odcienie, obiegi wodne muszą być czyszczone co pewien czas. Te papiernie zazwyczaj pracują w taki sposób, że najpierw produkują papier o jaśniejszych odcieniach, przechodząc następnie do coraz to głębszych tonów danej barwy. Zabarwienie wody musi być wtedy jedynie odpowiednio regulowane. Jednakże, gdy (dla przykładu) osiągnię się głęboką zieleń, to wówczas system wodny musi zostać oczyszczony. Barwne ścieki odprowadza się do odbiornika wodnego poprzez oczyszczalnię ścieków. Kilka razy w miesiącu rurociągi poddaje się działaniu chemikaliów, by usunąć z nich osady i barwniki. W niektórych papierniach do takiego procesu chemicznego używa się pierwiastkowego chloru oraz podchlorynu.

### 6.1.8 Dodatki chemiczne

Obok głównych surowców, to jest mas włóknistych i wypełniaczy, papiernictwo wymaga użycia różnych domieszek dodatków chemicznych i środków pomocniczych. Część z nich stanowi sposób na osiągnięcie pewnych właściwości papieru (należą tu, dla przykładu, substancje zaklejające, żywice wodo-utrwalające, barwniki, mieszanki powlekające); podczas gdy inne z nich usprawniają przebieg niektórych operacji w procesie produkcyjnym (np.: środki retencyjne, preparaty przeciwpienne, środki czyszczące, a także substancje zwalczające śluzy).

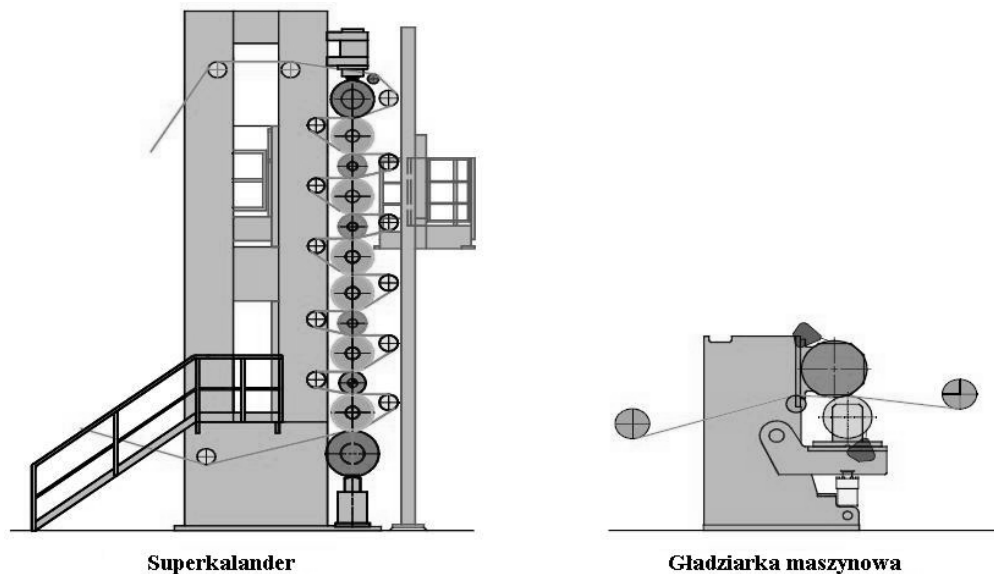
Dodatki chemiczne dostarczane są do papierni w postaci gotowej do użycia lub są przygotowywane na miejscu w papierni. Zazwyczaj niewielkie objętości specjalistycznych chemikaliów są dostarczane w postaci gotowej do użytku, podczas gdy w przypadku większych objętości dodatków chemicznych każda z tych opcji może mieć miejsce. Odnosi się to zarówno do chemicznych dodatków do powlekania jak i tych dozowanych do masy papierniczej. Chemiczne dodatki mogą być wprowadzane w części mokrej razem z rozcieńczoną masą papierniczą lub natryskiwane w części sitowej, po czym zostają wprowadzone do struktury formującego się papieru; bądź to w prasie zaklejającej lub powlekarce w końcowej części maszyny papierniczej, gdzie nanosi się dodatki chemiczne na powierzchnię papieru. W pierwszym przypadku wszystkie te chemikalia, które nie zatrzymają się we wstędze papieru, będą pozostawały w obiegu wodnym, z prawdopodobieństwem przejścia do ścieków. Chemikalia pozostające w obiegu wodnym mogą utrudniać proces zamykania obiegu wodnego oraz mogą mieć negatywny wpływ na działalność oczyszczalni ścieków. Jednakże będzie to zależało od rodzaju oraz od ilości użytych dodatków chemicznych.

Wprowadzanie dodatków chemicznych na powierzchnię papieru i tektury stwarza większe możliwości kontroli, angażując wodę jedynie do przemywania oraz czyszczenia. Jednakże jest ono możliwe tylko w nielicznych zastosowaniach, a wówczas woda myjąca może być wydzielona do odrębnego traktowania. Dla przykładu, ciekłe pozostałości z powlekania mogą być potraktowane oddzielnie, już w etapie wytrącania lub z użyciem ultra-filtracji (patrz podrozdział 6.3.5 oraz podrozdział 6.3.6).

Główne dodatki papiernicze oraz ich właściwości postrzegane w kategoriach oddziaływania na środowisko szczegółowo omawia się oddzielnie w podrozdziale 6.2.2.3 oraz w załączniku 1.

### 6.1.9 Kalandrowanie (fakultatywne)

Celem kalandrowania jest utworzenie gładkiej powierzchni papieru spełniającej wymagania dla zamierzonego użytkowania papieru jako podłoża druku oraz pisma. W kalandrowaniu wstęga papieru jest wprowadzana pomiędzy oddziaływujące na siebie walce prasowe, a w tym procesie szorstkość jej powierzchni jest poddawana działaniu ciśnienia i bardzo często także temperatury. Kalander maszynowy składa się z dwóch lub więcej schładzanych walców, odlanych z żelaza, o bardzo gładkiej powierzchni, które są usytuowane jeden nad drugim, jak pokazano na rysunku 6.5.



**Rysunek 6.5: Przykład dwóch różnych kalandrów: superkalander oraz kalander maszynowy [rysunek dostarczony przez firmę Valmet]**

Wstęgę przeprowadza się przez szczeliny między tymi walcami (twarde szczeliny). Współcześnie kalandry mają ogrzewany wałek odlany z żelaza oraz wałek z miękką powłoką z tworzywa sztucznego, tworzące tzw. miękką szczelinę. Dwa lub więcej takich walców są usytuowane jeden nad drugim. Walce te są ogrzewane od wewnątrz gorącą wodą, parą lub olejem grzewczym.

Wstęga papieru wytworzona w maszynie papierniczej lub uszlachetniona w powlekarce często jest poddawana dalszej obróbce wykończającej zwanej superkalandrowaniem lub satynowaniem (rysunek 6.5). W procesie tym, który jest przeprowadzany poza maszyną papierniczą, zazwyczaj w superkalandrach osiąga się jednorodną i wysoką gładkość powierzchni. Taka obróbka poprawia również połysk. Satynowanie zwiększa przydatność papieru do drukowania, zwłaszcza drukowania obrazu. Przed satynowaniem wstęga niektórych rodzajów papieru jest w przewijarkach sprawdzana pod względem obecności defektów. Uszkodzone fragmenty są eliminowane, a powstałe po ich odcięciu końce wstęgi są ponownie łączone na drodze sklejania. Zestaw do satynowania składa się ze stanowiska odwijaka, właściwego superkalandra oraz ze stanowiska nawijaka.

Oddziaływanie satynowania na środowisko, to głównie zużycie energii potrzebnej do napędu tej maszyny oraz do ogrzewania jej walców.

### 6.1.10 Nawijanie / cięcie / wysyłka

Produkt finalny będzie wytwarzany zgodnie z wymaganiami odbiorcy odnośnie do wymiarów zwoju lub arkusza, gramatury papieru, jego barwy oraz wykończenia. Większość maszyn papierniczych produkuje duże zwoje papieru, w których szerokość wstęgi papieru została wyznaczona przez obcięcie brzegów tej wstęgi w części mokrej danej maszyny. W typowych operacjach wykończających, prowadzonych poza maszyną papierniczą, z użyciem ostrych wirujących noży oraz krajarek, przycina się zwoje do dokładnej szerokości oraz przekrawa na arkusze przed ich zapakowaniem do wysyłki. Może również wystąpić etap klimatyzowania wyprodukowanego papieru do osiągnięcia określonej zawartości wilgoci, aby był on jednorodny, stateczny wymiarowo i przydatny do zamierzonego użytku jako podłoże druku lub materiał opakowaniowy.

Konsekwencje tych operacji dla środowiska są względnie niewielkie, jakkolwiek możliwe jest tworzenie pyłu podczas cięcia. Omawiane procesy zużywają niewiele energii. Tworzony odpad w postaci obcinków papieru jest zazwyczaj jako brak własny zawracany z powrotem do procesu wyrobu papieru.

### 6.1.11 Przykłady niezintegrowanych papierni w Europie

Procesy wyrobu papieru i tektury mogą mieć miejsce łącznie z równoczesną produkcją masy włóknistej (zakłady zintegrowane) lub bez tej dodatkowej produkcji (zakłady niezintegrowane). W 1993 r. prowadziło produkcję 830 niezintegrowanych papierni w Europie zachodniej, o całkowitej zdolności produkcyjnej około 30 milionów ton rocznie. Odpowiada to średniej arytmetycznej zdolności produkcyjnej jednej papierni na poziomie około 35 tysięcy ton rocznie. Wysoki udział niezintegrowanych papierni ma miejsce w takich krajach jak Włochy (211 papierni), Niemcy (161 papierni), Hiszpania (114 papierni), Francja (107 papierni) oraz Zjednoczone Królestwo WB i IP (81 papierni) [J. Pöyry, 1994 b].

Różne rodzaje papieru i tektury produkuje się z różnych surowców w maszynach, które zaprojektowano dla danego rodzaju papieru lub tektury. Jednakże aż do chwili obecnej w Europie nie wypracowano wspólnego stanowiska co do tego, które rodzaje papieru należy wyróżnić z punktu widzenia ochrony środowiska, aby opisać osiągalne emisje w papierniach z wdrożonymi najlepszymi dostępnymi technikami. Systemy klasyfikacji statystyk handlowych (np. statystyki narodowe, statystyki CEPI) nie są równoważne z tymi, które używane są przez Państwa Członkowskie w celu ustalenia wymogów prawnych dla przemysłu papierniczego. Klasyfikacje papierni są w każdym kraju inne. W konsekwencji nie ma jednolitej klasyfikacji, którą można by przyjąć.

W Europie największa liczba papierni niezintegrowanych produkuje wysokiej jakości bezdrzewne papiery drukowe i do pisania, tissue, a także papiery specjalne. Należy jednak mieć na uwadze to, iż w niektórych krajach papiery te wytwarza się również w zakładach zintegrowanych. Dla przykładu w krajach skandynawskich papiernie produkujące wysokiej jakości bezdrzewne papiery drukowe i do pisania zostały w większości przypadków zbudowane w sąsiedztwie celulozowni. Bibułki tissue wyrabia się również bądź to w zakładach zintegrowanych (głównie z użyciem odzyskiwanego papieru), bądź też w papierniach niezintegrowanych.

#### 6.1.11.1 Niepowlekanne papiery bezdrzewne do drukowania i pisania

Do papierów drukowych i do pisania należą takie produkty, jak: papiery drzewne do drukowania magazynów (patrz rozdział 4) oraz bezdrzewne papiery drukowe niepowlekanie. Te ostatnie zawierają w swym składzie włóknistym niemal wyłącznie masy celulozowe bielone liściaste i iglaste oraz 10 - 20% wypełniacza. Papiery niepowlekanie są zazwyczaj zaklejane w masie, a następnie dodatkowo uszlachetniane poprzez zaklejanie powierzchniowe i kalandrowanie. Bezdrzewne papiery drukowe nie żółkną w zauważalny sposób oraz wykazują wysoką wytrzymałość.

W ich produkcji tylko niewielkie ilości odrzutu są wydzielane w czasie oczyszczania i sortowania masy papierniczej, jako że stosowane surowce są w znacznym stopniu czyste. Podczas rafinacji włókna są skracane oraz ulegają fibrylacji, w wyniku której tylko nieznaczna część substancji organicznej przechodzi do wody.

Do innych bezdrzewnych wytworów papierowych, składających się przede wszystkim z masy celulozowej, należą takie produkty, jak: tissue, wata celulozowa, papiery filtracyjne, papiery dekoracyjne, papiery podłożowe do laminowania, podłoże na pergamin kwasowy. Do grupy tej należą także wytwory papierowe zaklejane w masie (w celu ograniczenia naturalnej dla struktury włóknistej zdolności do wchłaniania cieczy), takie jak: papier plakatowy, bibułka karbonowa, papiery mocne oraz papiery rysunkowe. Zaklejanie zwiększa udział substancji organicznych w obiegach wodnych, a podczas rozczyniania braku własnego większość dodatków może być ponownie rozpuszczona (np. zdegradowana skrobia natywna).

#### **6.1.11.2 Powlekanie papiery bezdrzewne do drukowania i pisania**

Papiery powlekanie stanowią największą grupę pośród papierów drukowych i do pisania. Największa część tejże grupy to powlekanie papiery drukowe drzewne, które opisano w rozdziale 4.

Papier podłożowy, przeznaczony do wyprodukowania bezdrzewnego papieru powlekanego, składa się głównie z masy celulozowej. Warstwę mieszanki powlekającej nakłada się po obu stronach wstęgi tego papieru. Po powleczeniu papiery te mogą być dodatkowo kalandrowane dla nadania ich powierzchni połysku lub matowego wykończenia. Obok powlekanych papierów drukowych oraz wielokrotnie powlekanych papierów bezdrzewnych, do grupy tej zalicza się także karton kredowany (z warstwą wierzchnią z masy celulozowej bielonej).

W procesie przygotowania masy występują niewielkie ilości odrzutu, z uwagi na stosowanie surowców o znacznym stopniu czystości. Papiery powlekanie suszy się dwukrotnie, w typowej części suszącej podczas produkcji papieru podłożowego oraz ponownie po naniesieniu ciekłej mieszanki powlekającej. Zależnie od odmiany produkowanego papieru powlekanego wprowadza się do kadzi mieszalnej dodatkowe środki pomocnicze - środki te mogą powodować zanieczyszczenie ścieków. Powlekanie i wykończanie uwzględniają zarówno zaklejanie powierzchniowe oraz nanoszenie mieszanki powlekającej (jedna lub kilka powłok, nanoszonych na jedną lub na obie strony wstęgi). Przygotowanie mieszanki powlekającej oraz rozczynianie braku własnego wprowadzają do ścieków dodatkowe zanieczyszczenia, składające się z nierozpuszczalnych cząstek jak również zużywających tlen substancji rozpuszczonych.

#### **6.1.11.3 Bibułka tissue**

Zazwyczaj bibułka tissue jest produktem, w którym pojedyncze warstwy wstęgi włóknistej (wyprodukowanej w maszynie papierniczej) są w oddzielnym urządzeniu, poza maszyną

papierniczą, przekształcane we wstęgę składającą się z kilku niezwiązanych ze sobą warstw. Czyni się tak ze względu na niewielką gramaturę pojedynczej warstwy (poniżej 12 g/m<sup>2</sup>). Główne właściwości tego produktu to miękkość i gładkość, czystość, wysoka chłonność oraz wytrzymałość. Przetwarzanie do postaci finalnych produktów (z uwzględnieniem konfekcjonowania) jest często zintegrowane z produkcją samego papieru tissue, co oznacza, że papiernie produkujące ten wyrób często sprzedają końcowe produkty użytkownikom. Papiery tissue wytwarza się przede wszystkim z bielonych mas celulozowych oraz odbarwionych włókien pozyskanych z makulatury (patrz rozdział 5). W przypadku stosowania makulatury cząstki wypełniacza oraz włóknistej frakcji drobnej muszą być usunięte. Często stosuje się również mieszaninę mas o różnym udziale włókien pierwotnych i wtórnych. Jeśli w papierniach stosuje się włókna wtórne, to są one wytwórniami zintegrowanymi lub częściowo zintegrowanymi. W zakładach przetwarzających makulaturę, do usuwania z zawiesiny włókien wypełniaczy oraz włóknistej frakcji drobnej, zużywa się dużo wody. Frakcje te pojawiają się jako narastające ilości szlamu, który trzeba zagospodarować. Przetwarzanie odzyskiwanego papieru za pomocą procesu odbarwiania omówiono w rozdziale 5.

W wyrobie bibułki tissue, w zależności od produktu, stosuje się różne technologie suszenia. Obok konwencjonalnego suszenia na cylindrze połyskowym Yankee stosowany jest również znacznie bardziej energochłonny proces suszenia przedmuchowego (ang.: *TAD*), w którym trzeba ogrzać ogromne ilości powietrza. Produkty wytworzone z zastosowaniem procesu TAD są bardziej pulchne oraz miękkie. Prowadzi to do znacznie mniejszego zużycia włókna dla otrzymania danego produktu, w porównaniu z papierem tissue suszonym i krepowanym w sposób typowy.

W procesie przygotowania masy występują jedynie niewielkie straty surowca włóknistego (1-2%). Emisje do atmosfery zależą głównie od sposobu dostarczania energii oraz od wyboru procesu suszenia. W papierniach produkujących tissue zazwyczaj zużywa się nieco większe ilości wody świeżej stosowanej do natrysków niż w papierniach wytwarzających inne wytwory papierowe. Decyduje tu czystość sit oraz filców prasowych, która ma kluczowe znaczenia dla formowania tej niezwykle lekkiej wstęgi. W wielu maszynach papierniczych produkujących tissue dokonuje się częstych zmian odmian wyrobu lub jego barwy. Częste zmiany produktów obniżają nieco efektywność zużycia surowców, wody oraz energii. Zjawisko to jest częstsze w małych papierniach, dysponujących tylko jedną maszyną papierniczą. Zależnie od właściwości produktu wprowadza się różne dodatki, które mogą powodować zanieczyszczenie ścieków. Dla przykładu, stosowanie żywic syntetycznych zawierających chlor, dla nadania wodotrwałości, prowadzi do wyższych wyników oznaczeń AOX w ściekach.

#### 6.1.11.4 Papiery specjalne

Papiery oraz tektury do zastosowań technicznych i specjalnych obejmują szeroki asortyment wytworów papierowych. Papiery specjalne często wymagają użycia takich mas włóknistych lub specyficznych sposobów obróbki włókna, które w innych przypadkach byłyby zbyt kosztowne. Na przykład, papiery na dokumenty, banknoty oraz papiery na dowody tożsamości zawierają nie tylko syntetyczne włókna, ale także masy z włókien bawełny oraz juty.

W skład tej grupy wchodzi papiery z silnie zmielonych czystych mas celulozowych. Ich szczególne właściwości, takie jak nieprzezroczystość oraz odporność na przenikanie tłuszczu, osiąga się poprzez intensywną rafinację włókien. Produkuje się również inne, następujące rodzaje papieru: papiery elektroizolacyjne, bibułka kondensatorowa, niepowlekana kalka techniczna, papier pergaminowy satynowany, pół-pergamin, bibułka papierosowa, i inne. Jedynie nieznaczne ilości nieprzydatnego materiału włóknistego są tracone w procesie

przygotowania masy (podczas etapów oczyszczania i sortowania), jako że stosowane masy są w znacznym stopniu oczyszczone. W czasie rafinowania włókna zostają skrócone oraz silnie sfibrylowane. Podczas fibrylacji włókien rozpuszcza się część substancji organicznej. Zależnie od rodzaju produkowanego papieru stosuje się odpowiednie chemiczne środki pomocnicze, które po części mogą trafiać do ścieków. Strumień ścieków w przeliczeniu na tonę wytworu ulega znacznym wahaniom, od 40 do 300 m<sup>3</sup>/t i zależy od produktu oraz konkretnych warunków produkcyjnych. Możliwości zamykania obiegów wodnych są ograniczone technologiami produkcji tej grupy wytworów papierowych (podwyższona temperatura masy w wyniku intensywnego rafinowania) oraz przez wymagania jakościowe poszczególnych odmian papieru (np. przewodnictwo elektryczne, przezroczystość, charakterystyka sensoryczna).

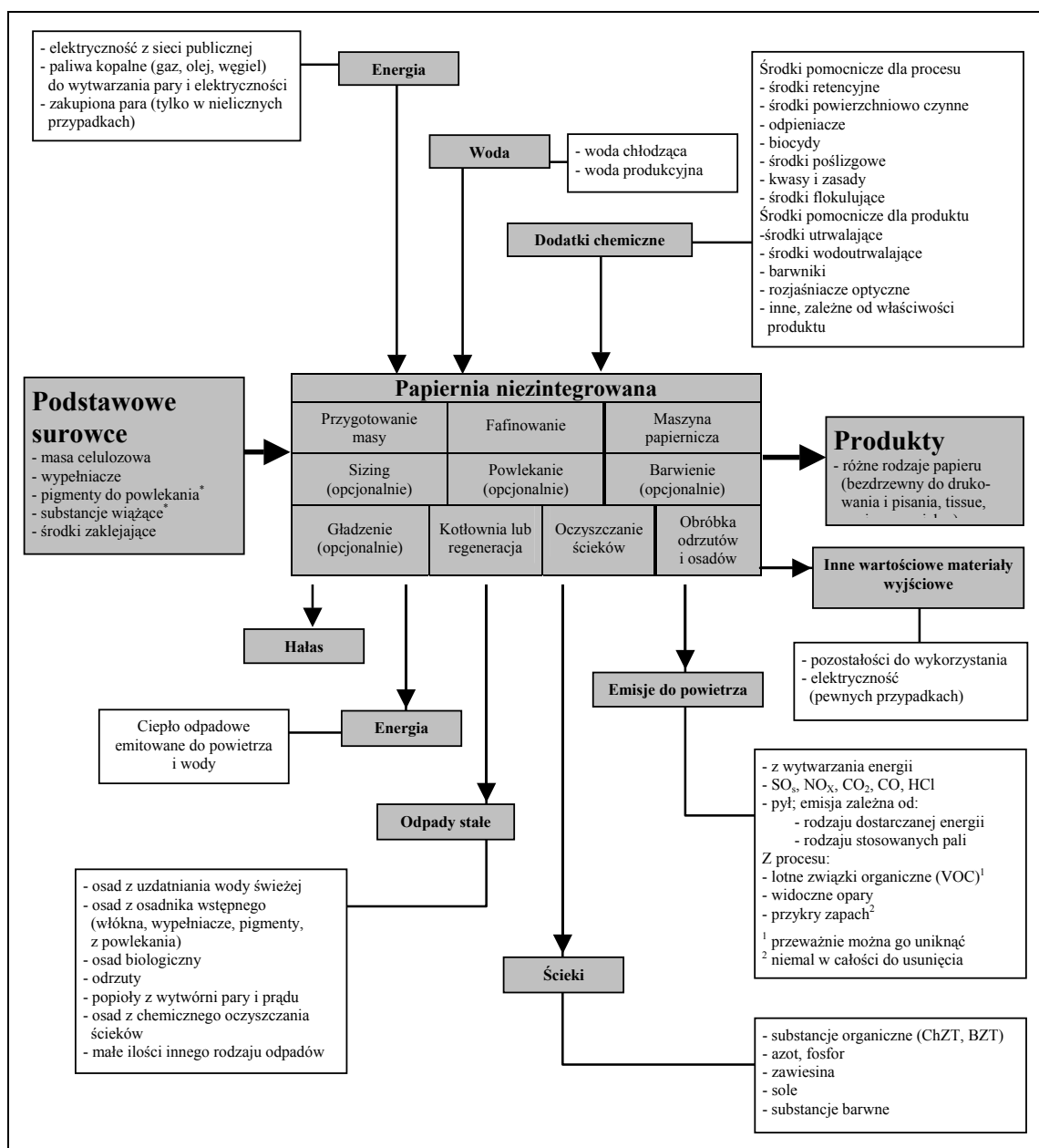
Papiery specjalne dla zastosowań technicznych, medycznych, farmaceutycznych oraz innych - wytwarza się okresowo w małych partiach, z więcej niż jedną zmianą na dobę produkowanej na maszynie papierniczej odmiany papieru (średnio dla roku). Skład włóknisty poszczególnych produktów może się znacznie różnić, stosowane mogą być masy z roślin jednorocznych, masy celulozowe bielone oraz niebielone, włókna chemiczne i mineralne.

Stosowane masy włókniste różnią się znacznie co do rodzaju i jakości. Wśród szerokiej gamy papierów produkowane są m.in.: papier indykatorowy w postaci pasków, podłoże na papier fotograficzny, papier filtracyjny do celów laboratoryjnych, papier specjalny do zastosowań klinicznych, papier do filtracji oleju, papier do filtracji powietrza, papier podłożowy do impregnacji, papier podłożowy do fibry wulkanicznej, papier na laminaty do celów elektroizolacyjnych, papier pakowy o właściwościach barierowych i zdolności do zgrzewania, papier na walce kalandrowe, papier samokopiujący, papier rejestracyjny termoczuły, papier etykietowy, papier powlekany metodą odlewu, i inne. W produkcji papierów specjalnych woda może być zawracana do obiegu tylko w ograniczonym zakresie. Wymuszone jest to poprzez ściśle określone wymagania jakościowe stawiane papierom specjalnym. W wyniku tego, a także ze względu na częste zmiany rodzaju produkowanego papieru, zużycie wody na jedną tonę wyprodukowanego papieru specjalnego może przekraczać 100 m<sup>3</sup>/t. Zawartość substancji organicznych w ściekach jest niewielka. Zależnie od kryteriów jakościowych, które trzeba spełnić, przejście do produkcji kolejnej odmiany papieru specjalnego może być poprzedzone mniej lub bardziej kompletnym opróżnieniem systemu wodno-masowego.

## 6.2 Obecne poziomy zużycia i emisji w papierniach

### 6.2.1 Przegląd danych: wejście / wyjście

Na rysunku 6.6 przedstawiono wprowadzane do procesu produkcji papieru surowce i energię, a także wychodzące z tego procesu produkty i pozostałości do dalszego zagospodarowania, jak również główne emisje (emisje do atmosfery, ścieki, odpady stałe) towarzyszące temu procesowi.



**Rysunek 6.6: Obraz strumienia masy w papierni**  
**Obecność niektórych substancji zależy głównie od rodzaju papieru i od właściwości, które należy osiągnąć, a także od sposobu dostarczania energii**

Stosując powyższy obraz strumienia masy można wyliczyć jednostkowe zużycie surowca oraz jednostkowe emisje czyli takie, które przypadają na jedną tonę produktu. Tabela 6.2 przedstawia dane z największej w Europie papierni produkującej wysokiej jakości papiery bezdrzewne do drukowania i pisanie, (brak innych danych). Jest to przykład reprezentatywny dla papierni, które już osiągnęły najlepsze wskaźniki działania. Natomiast w znajdującej się dalej tabeli 6.3 zestawiono dane typowe dla papierni produkujących bibułę tissue.

Dane na wejściu			Dane na wyjściu		
Surowce	Wielkość	Jednostka	Produkt	Wielkość	Jednostka
Masa celulozowa bielona (5% wilgoci)	610,03	kg/t	Papier bezdrzewny (powlekany i niepowl.)	1000	kg
Wypełniacz (CaCO <sub>3</sub> ), 73% s.s.	209,28	kg/t	<b>Emisje</b>		
Pigmenty powłoki (CaCO <sub>3</sub> i kaolin, 73% s.s.)	210,18	kg/t	CO <sub>2</sub> <sup>3)</sup>	298	kg/t
Skrobia, sucha	40,33	kg/t	CO <sub>2,odnawialny</sub>	-	kg/t
Subst. wiążące, suche	29,34	kg/t	NO <sub>x</sub> <sup>3)</sup>	0,2	kg/t
Kleje, 20% s.s.	6,36	kg/t	CO <sup>3)</sup>	0,02	kg/t
Dodatki, barwniki	15,35	kg/t	SO <sub>2</sub> <sup>3)</sup>	śladowa	kg/t
<b>Energia</b>			Pył	śladowa	kg/t
Gaz ziemny do wytwarzania pary	5217	MJ/t	Hałas: w 2 punktach pomiaru <sup>4)</sup>	47,4 (600 m) 39,8 (1200 m)	dB(A) dB(A)
Gaz dla wózków podnośnych widłowych	0,002	MJ/t	ChZT	0,44 (97)	kg/t (mg/l)
Gaz dla pieców dosuszających	15,4	MJ/t	BZT <sub>5</sub>	0,11 (24)	kg/t (mg/l)
Nabyta energia elektr. <sup>2)</sup>	611,8	kWh/t	Zawiesina	0,14 (30)	kg/t (mg/l)
Całkowita energia zużyta	2065	kWh/t	AOX	0,0007 (0,15)	kg/t (mg/l)
Całkowita energia pierwotna <sup>1)</sup>	3136	kWh/t	N <sub>nieorganiczny</sub>	0,041 (9,2)	kg/t (mg/l)
			P <sub>ogólny</sub>	0,003 (0,8)	kg/t (mg/l)
			Para wodna	1,5	m <sup>3</sup> /t
			Ścieki	4,5	m <sup>3</sup> /t
<b>Zapotrzebowanie wody</b>			<b>Pozostałości</b>		
Woda świeża/surowa	6	m <sup>3</sup> /t	Osad (użytkowany w produkcji cegieł)	12,7 (przy 100% s.s.)	kg/t
			Inne odpady	5,1	kg/t
Przypisy:					
1) Wkład nabytej energii do jednostkowego zużycia energii pierwotnej wylicza się zakładając wydajność energii w firmach produkujących energię elektryczną na poziomie 36,75 %, to znaczy, że 1 kWh odpowiada 2,75 kWh energii pierwotnej. W tym przypadku 611,8 kWh/t odpowiada 1682,45 kWh/t energii pierwotnej (np. węgla). Współczynniki przeliczeniowe: 1 MJ = 0,2778 kWh, a 1 kWh = 3,6 MJ.					
2) Zużycie energii zawiera pompowanie wody świeżej (surowej).					
3) Nie uwzględniono emisji do atmosfery z elektrowni dostarczającej energię elektryczną. Parę wytwarza się na miejscu w kotle parowym opalanym gazem. Emisje do atmosfery z niezintegrowanych papierni zależą głównie od rodzaju stosowanego paliwa.					
4) Odległość od tej papierni do centrum handlowego wynosi ok. 600 m, a do obszaru mieszkaniowego ok. 1200 m.					

**Tabela 6.2: Średnie roczne danych wejściowych i wyjściowych z największej w Europie niezintegrowanej papierni produkującej wysokiej jakości bezdrzewne papiery drukowe i do pisania (powlekane i niepowlekane) w ilości ok. 1 018 450 ton rocznie (1997)<sup>12</sup>**  
**Dane dotyczące emisji do wody przedstawiają sytuację po dwustopniowej oczyszczalni biologicznej (wysokoobciążone złoże biologiczne plus osad czynny)**

Informacje zawarte w tabeli 6.2 dotyczą bardzo dużej papierni, jednakże należy mieć na uwadze, iż mniejsze papiernie często mają jednostkowe wskaźniki zużycia energii oraz wody (czyli przeliczane na jedną tonę produktu) wyższe niżli większe papiernie. Na przykład przedstawiono

<sup>12</sup> Environmental Declaration '98 Nordland Papier AG, UPM, Postfach 11 60, D-26888 Dörpen, Niemcy

poniżej uwarunkowania różnic między oddziaływaniem na środowisko naturalne większych i mniejszych papierni:

- ilość wody świeżej potrzebna do ciągłego obcinania brzegów wstęgi jest taka sama dla szerszych, jak i węższych maszyn. Zatem maszyny papiernicze o większej szerokości zużywają relatywnie mniej wody do tego celu
- większa maszyna zazwyczaj produkuje różnego rodzaju papiery w ilościach masowych. Oznacza to, iż dokonuje się mniej zmian rodzaju produkowanego papieru, które powodują wyższe zużycie wody oraz wzrost ładunku zanieczyszczeń podczas przemywania instalacji
- inwestycje w czystą technologię dla większych papierni są ekonomicznie bardziej zasadne oraz łatwiejsze
- większe papiernie dysponują większymi zasobami finansowymi oraz ludzkimi, które można zaangażować na rzecz prac badawczo-rozwojowych.

W tabeli 6.3 zestawiono poziomy zużycia surowców oraz emisji zanieczyszczeń dla papierni produkujących bibułkę tissue. Papiernie zużywające masy pierwotne i masy wtórne różnią się głównie odpadem stałym. Podczas gdy papiernie produkujące bibułkę tissue z mas pierwotnych tworzą 10-40 kg odpadu (100% substancji stałej) na tonę produktu, to ilości rzędu 400-1000 kg odpadu na tonę produktu powstają podczas przetwarzania włókna pochodzącego z recyklingu (patrz rozdział 5.2.2.6).

Dane na wejściu			Dane na wyjściu		
Surowce	Wielkość	Jednostka	Produkt	Wielkość	Jednostka
Masa cel. bielona	1010-1020	kg/t	Bibułka tissue	1000	kg
Żywice wodoutrwalające	0-80	kg/t	<b>Emisje</b>		
Skrobia, sucha	0-30	kg/t	CO <sub>2</sub> <sup>4)</sup>	300-1800	kg/t
Barwniki	0-2	kg/t	CO <sub>2</sub> .odnawialny	-	kg/t
Inne dodatki	0-20	kg/t	NO <sub>x</sub> <sup>4)</sup>	0,5-5	kg/t
			SO <sub>2</sub> <sup>4)</sup>	0,07-10	kg/t
			Pył <sup>4)</sup>	b.d.	kg/t
<b>Energia</b>				<b>przed</b>	<b>po</b>
Paliwo dla wytwarzania pary	5000-25000	MJ/t	ChZT	b.d.	2-6
Całkowite zużycie energii elektrycznej <sup>1)</sup>	1000-3000 <sup>3)</sup>	kWh/t	BZT <sub>5</sub>	b.d.	1-2
Całkowite zużycie energii <sup>2)</sup>	2000-10000	kWh/t	Zawiesina	b.d.	1-3
			AOX	b.d.	5-15
			N <sub>ogólny</sub>	b.d.	5-100
			P <sub>ogólny</sub>	b.d.	1-30
			Para wodna	1	m <sup>3</sup> /t
			Ścieki	6-100	m <sup>3</sup> /t
<b>Zapotrzebowanie wody</b>			<b>Pozostałości</b>		
Woda świeża/surowa	7-100	m <sup>3</sup> /t	Odpad stały	10-40 (przy 100% s.s.)	kg/t

Przypisy:

1) Nie uwzględniono poprawki na sprawność firm produkujących energię elektryczną.

2) Jednostkowe zużycie energii pierwotnej może być wyliczone z tych liczb, biorąc pod uwagę wydajność energii firm produkujących energię elektryczną. Przeliczniki: 1 MJ = 0,2778 kWh, a 1 kWh = 3,6 MJ.

3) Górny poziom tego zakresu odnosi się do wytwórni tissue stosujących suszenie przedmuchowe (TAD) lub technikę ponownego krepowania. Do suszenia TAD potrzeba ogromnych objętości powietrza poruszanych przez duże dmuchawy.

4) Te emisje uwzględniają wszystkie rodzaje paliwa do wytwarzania pary. Nie uwzględniono emisji powstałych przy produkcji zakupionej energii elektrycznej.

### Tabela 6.3: Poziomy zużycia i emisji dla typowych papierni produkujących bibułkę tissue [dane ETS]

Emisje do wody podano w postaci typowych danych przed i po oczyszczeniu Z wyjątkiem zakresu danych dotyczących stałego odpadu, nie występuje znacząca różnica między poziomami zużycia oraz emisji dla papierni produkujących tissue z mas pierwotnych lub wtórnych

## 6.2.2 Poziomy zużycia i emisji

W tym rozdziale uwzględnione są następujące aspekty produkcji papieru:

- Zużycie surowców.
- Stosowanie wody.
- Stosowanie chemicznych dodatków.
- Zapotrzebowanie energii.
- Emisje ścieków.
- Tworzenie odpadów stałych.
- Emisje do powietrza z maszyn papierniczych.
- Emisje do powietrza z produkcji energii.
- Przykry zapach z oparów oraz z oczyszczalni ścieków (lokalnie).
- Hałas z pracy maszyn papierniczych (lokalnie).

Wibracje o niskiej częstotliwości oraz emisje widocznych pióropuszy dymu mogą również stanowić problem lokalny. Z powodu braku informacji ten temat nie będzie on dalej opisywany.

Jeśli idzie o przedstawione liczby odnoszące się do emisji oraz zużycia, to należy mieć na uwadze, iż dane te nie zawsze są ściśle porównywalne dla poszczególnych krajów. Powodem są nieco odmienne metody pomiaru w różnych Państwach Członkowskich. (Aby uzyskać więcej informacji w tej sprawie zajrzyj do aneksu 3; jednakże stosowanie różnych metod pomiaru nie zmienia wniosków przedstawionych w tym dokumencie).

### 6.2.2.1 Zużycie głównego surowca

Głównym surowcem do wyrobu papieru jest włókno rozczynione w wodzie w obecności niewielkich dodatków środków chemicznych. Zużycie surowców w papiernictwie jest w znacznym stopniu zależne od rodzaju produkowanego papieru i od właściwości oraz jakości produktu końcowego, które trzeba osiągnąć. W tabeli 6.4 zestawiono przykłady stosowanych surowców dodając niektóre cechy charakterystyczne produktu.

Rodzaj papieru	Główne surowce	Niektóre cechy produktu i jego przykłady
Papier gazetowy	Bez dodatku wypełniaczy; nieliczne środki pomocnicze; niekiedy dodatki pigmentu; minimum barwnika; masa mechaniczna i włókno wtórne	Wąski zakres gramatury 40-50 g/m <sup>2</sup> ; a) 100-70% wł. wtórnych + 0-30% masy termo-mech. b) głównie masa termo-mech. + 0-50% masy wtórnej odbarwionej
Papier pakowy siarczanowy	Bez dodatku wypełniaczy, barwiony; głównie niebielona masa siarczanowa	produkt o wysokiej wytrzymałości; 70-100 g/m <sup>2</sup> ;
Papiery na warstwę płaską tektury falistej	Bez dodatku wypełniaczy; niebielona masa siarczanowa i włókno wtórne lub tylko włókno wtórne	gramatury: 110-160 g/m <sup>2</sup> ; testliner: 90-100% włókien wtórnych
Tektura	Zazwyczaj struktura wielo-warstwowa; często różny skład włóknisty w różnych warstwach; wszystkie rodzaje mas, także włókno wtórne	Wyższe gramatury: powyżej 175 g/m <sup>2</sup> (do 2000 g/m <sup>2</sup> )
Papiery drukowe i do pisania	Wszystkie rodzaje włókien, głównie bielonych; wypełniacze, kleje, barwniki, rozjaśniacze; mogą być powlekanie; szeroki zakres gramatur	Właściwości wg wymagań użytkownika; gramatury od 30 g/m <sup>2</sup> do 50-60 g/m <sup>2</sup> (LWC) aż do 90-120 g/m <sup>2</sup>
Bibułki tissue	Bez dodatku wypełniaczy; żywice wodoutrwalające; masy celulozowe + włókno wtórne, w różnych proporcjach	Produkt o niskiej gramaturze <sup>1</sup> , np. chusteczki: 15 g/m <sup>2</sup> (trzy warstwy), serwetki: 20 g/m <sup>2</sup> (dwie warstwy)
Papiery specjalne	Specyficzne procesy przygotowania masy; stosowane masy mogą się znacznie różnić co do rodzaju i jakości	Ta grupa obejmuje szeroki zakres różnych rodzajów papieru

Przypisy:

<sup>1</sup> Gramatura wstęgi produkowanej na maszynie papierniczej do wyrobu bibułki tissue rzadko przekracza 40 g/m<sup>2</sup>. Wyższe gramatury produktów wykonanych z bibułki tissue osiąga się w czasie jej przetwarzania na drodze tworzenia struktury wielowarstwowej, z nie związanych z sobą warstw

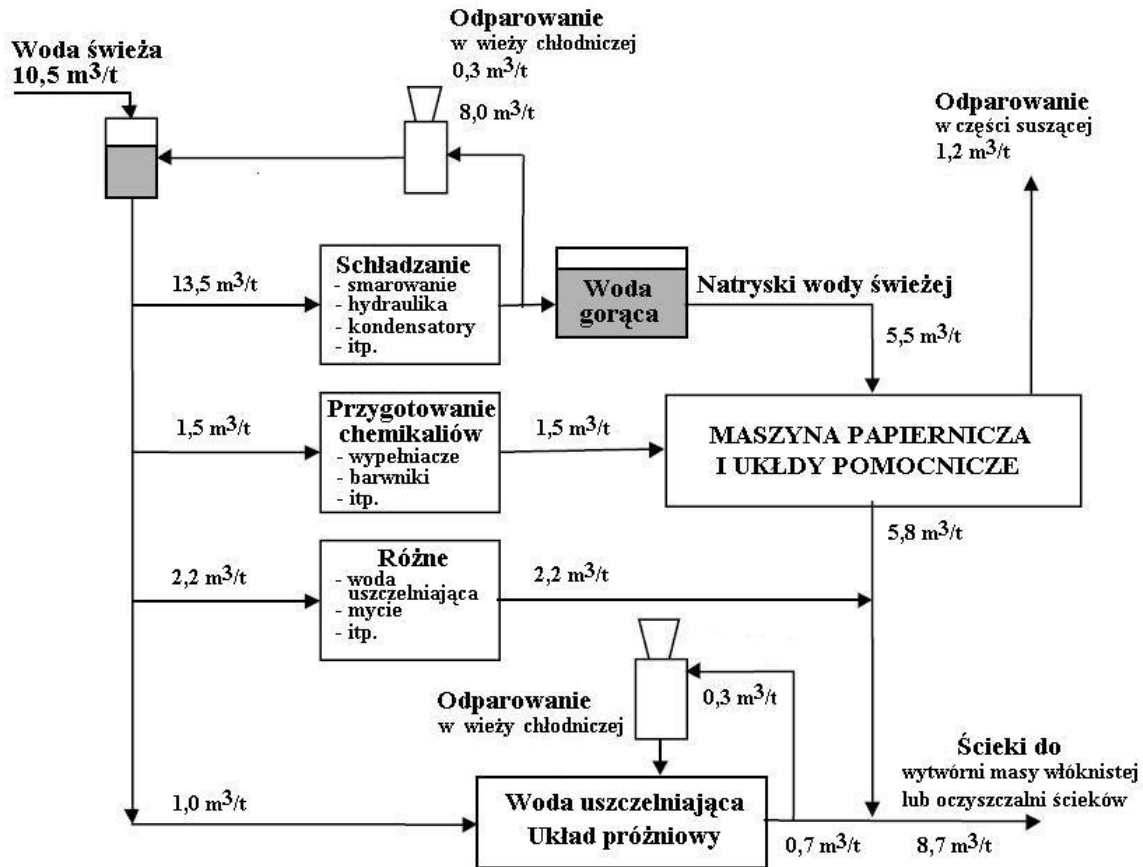
**Tabela 6.4: Przykłady głównych surowców stosowanych do wyrobu różnych rodzajów papieru**

### 6.2.2.2 Stosowanie wody

W papierniach woda świeża znajduje głównie następujące zastosowania:

- Jako woda czyszcząca dla maszyny papierniczej, zwana wodą natryskową. Zadaniem natrysków jest nawilżanie i oczyszczanie sit formujących oraz filców prasowych. Celem mycia jest zapewnienia ich należytego działania odwadniającego. Zadawalający poziom zużycia wody wynosi 5-20 m<sup>3</sup> na tonę produktu.
- Jako woda uszczelniająca oraz izolująca w komorach dławnicowych, układach próżniowych oraz w hydrocyklonach. Zużycie rzędu 1-6 m<sup>3</sup>/t.
- Jako faza rozpraszająca lub rozpuszczalnik dla wypełniaczy oraz dodatków pomocniczych. Zużycie rzędu 1,5-3 m<sup>3</sup>/t.
- Dla niektórych rodzajów papieru występuje dodatkowe zużycie wody w przygotowaniu masy, w postaci wody uzupełniającej straty w obiegu.
- W schładzaniu urządzeń produkcyjnych zużywa się około 3-10 m<sup>3</sup>/t. Wody te, po schłodzeniu, są często zawracane do procesu. Niektóre papiernie odprowadzają je oddzielnie. Ten rodzaj wody, zazwyczaj, nie jest uwzględniany w raportach zużycia wody przez papiernie.
- Elektrownia zużywa około 2-3 m<sup>3</sup>/t, tego rodzaju wody nie uwzględnia się w raportach zużycia wody przez papiernie.

Uproszczony schemat przedstawiony na rysunku 6.7 pokazuje, przykładowo, główne miejsca zużycia wody świeżej. Zakłada się, iż woda chłodząca jest ponownie użyta w procesie produkcyjnym. Papiernie odprowadzające wodę chłodzącą do ścieków potrzebowałyby odpowiednio więcej wody świeżej. Gdy porównuje się dane opisujące zużycie wody w papierniach, należy się upewnić, że porównywane liczby uwzględniają te same miejsca wprowadzania wody.



**Rysunek 6.7: Miejsca zapotrzebowania na wodę świeżą w papierni**

Przykład papierni o jednostkowym zużyciu wody świeżej 10,5 m³/t. Wodę chłodzącą ponownie zawiera się do obiegu dzięki użyciu wież schładzających. Krążące w obiegu wody z pomp próżniowych nie zostały pokazane, a wielkość tego przepływu mieści się w zakresie 6-8 m³/t. Rysunek ten przedstawia jedynie przepływy netto (jako różnice na wejściu i na wyjściu) w warunkach ciągłego działania. Nie uwzględniono niezrównoważonych przepływów wody, podczas (na przykład) zapoczątkowywania produkcji papieru, kiedy to zużywa się większe ilości wody. „Różne” to pozycja stanowiąca jakby „szarą strefą”, której jednak nie należy lekceważyć

Woda świeża jest zazwyczaj wprowadzana do procesu wyrobu papieru głównie poprzez część formującą maszyny papierniczej oraz natryski części prasowej, po czym zasila ona różne procesy przemywania i rozcieńczania w papierni.

Natomiast nie ma zazwyczaj zapotrzebowania na wodę świeżą w dziale przygotowania masy, to znaczy woda świeża zwykle nie jest wymagana dla rozczyniania wprowadzanych mas włóknistych. Jeżeli w papierni są dostępne wody podsitowe o zróżnicowanej jakości, to do urządzeń rozczyniających należałoby wprowadzać wodę o najwyższej zawartości włókna. Jednakże przeważającą część tak silnie zawłóknionej wody podsitowej zużywa się w krótkim obiegu dla dostosowania stężenia zawiesiny masy wprowadzanej do wlewu maszyny papierniczej. Potrzeba użycia wody świeżej jest więc ograniczona do jej stosowania w

rozcieńczaniu chemicznych dodatków oraz jako wody uszczelniającej niektóre urządzenia. Większość dodatków chemicznych musi być rozcieńczona wodą świeżą przed wprowadzeniem do układu maszyny papierniczej, ponieważ bez tego powstałyby trudności w utrzymaniu jakości produktu i dawki tych środków musiałyby być zwiększone. W przygotowywaniu dyspersji wypełniaczy niekiedy można zastąpić wodę świeżą wodą sklarowaną - w przypadku gdy nie występuje ryzyko rozwoju mikroorganizmów beztlenowych.

W czasie przepływu zawiesiny masy włóknistej przez wytwórnię masy lub papiernię wymagane są różne jej stężenia w poszczególnych fazach procesu produkcyjnego. Każdy wzrost stężenia włókna tworzy ściek, powstający z zagęszczenia masy, o ilości oraz rodzaju zanieczyszczenia zależnych od danej operacji jednostkowej. Możliwość zawrócenia do obiegu zanieczyszczonej wody, poprzez jej wprowadzenie w inne miejsce procesu, może być ograniczona odmiennością zjawisk fizyko-chemicznych w różnych stadiach produkcji.

Ilość wody świeżej użytej do wyrobu papieru zmienia się zależnie od rodzaju produkowanego papieru, natury stosowanych mas włóknistych oraz od finalnego poziomu jakości wytwarzanego papieru. Typowe zakresy jednostkowego zużycia wody świeżej w wyrobie niektórych rodzajów papieru podano w tabeli 6.5.

Rodzaj papieru	Zużycie wody [m <sup>3</sup> /t]	Uwagi
Bibułka tissue	10 <sup>1</sup> - 50	Dla bibułka tissue z mas wtórnych, uwzględniając przerób odzyskanego papieru na włókna wtórne.
Drukowe i do pisania, niepowlekane	5 <sup>1</sup> - 40 <sup>2</sup>	Może uwzględniać wodę użytą w przerobie odzyskanego papieru na włókna wtórne
Drukowe i do pisania, powlekane	5 <sup>1</sup> - 50	Może uwzględniać wodę użytą w przerobie odzyskanego papieru na włókna wtórne
Tektura	0 <sup>1</sup> - 20	Z uwzględnieniem wody użytej w przerobie odzyskanego papieru na włókna wtórne
Papiery specjalne	10 - 300 <sup>3</sup>	

Przypisy:

- 1 dolny poziom tego zakresu jest zmieniony przez EIIPCB według bieżących danych ruchowych
- 2 górny poziom tego zakresu jest zmieniony przez EIIPCB, ponieważ podawana wartość 90 m<sup>3</sup> na tonę w 100% suchego produktu wydaje się być nierealnie wysoka
- 3 górny poziom tego zakresu jest zmieniony przez EIIPCB, ponieważ podawana wartość 400 m<sup>3</sup> na tonę w 100% suchego produktu wydaje się być nierealnie wysoka

**Tabela 6.5: Zużycie wody w europejskich papierniach [J. Pöyry, 1994 b].  
Brak danych dla niezintegrowanych papierni**

W wyliczeniach jednostkowego zużycia wody nie uwzględnia się świeżej wody stosowanej jako wody chłodzącej, pod warunkiem iż nie miała ona kontaktu z masami włóknistymi oraz dodatkami masowymi.

Potrzebne są dodatkowe wyjaśnienia odnośnie jednostkowego zużycia wody w papierniach produkujących bibułka tissue

W przypadku wytwórni bibułka tissue występują dwa główne czynniki, które należy mieć na uwadze w rozważaniu zużycia w nich wody świeżej. Jednym z nich jest potrzeba zachowania

wysokiego poziomu czystości zarówno samego produktu (stosowanego do celów higienicznych), jak i odzieży maszynowej na maszynie papierniczej produkującej tissue. Natomiast drugi czynnik, to bardzo niskie wielkości produkcji papieru tissue wynikające z niewielkiej gramatury wyrabianych produktów; poniżej  $12 \text{ g/m}^2$ , w porównaniu do  $40\text{-}50 \text{ g/m}^2$  dla papieru gazetowego,  $50\text{-}100 \text{ g/m}^2$  dla papierów drukowych i do pisania czy do kilkuset  $\text{g/m}^2$  dla wytworów papierowych na opakowania.

Jakkolwiek więc papiernie produkujące bibułkę tissue zużywają objętości wody, które mogą nie być znacząco większe od tych zużywanych przez inne papiernie, to jednak te dwa czynniki wyżej wymienione razem wzięte mogą sprawić, iż w produkcji bibułki tissue pojawia się wysokie jednostkowe zużycie wody.

W wytwórni papierów tissue występują pewne miejsca, gdzie świeża woda jest niezbędna, głównie są to: woda do natrysków utrzymujących powierzchnię filców prasowych wolną od zanieczyszczeń, woda do wysoko ciśnieniowych natrysków oczyszczających sito formujące. Występują również inne miejsca, które będą zmieniały się w układach różnych maszyn papierniczych. Będą zależały od działań operatora kierującego pracą maszyny, urządzeń obiegu wody podsitowej i pojemności kadzi magazynowych, a także od stopnia automatyzacji oraz od informacji dostępnych dla operatora. Do pozycji „inne” zalicza się zużycie wody świeżej potrzebnej do przygotowania dodatków chemicznych, w natryskach nawilżających (wewnątrz walców dociskowych, na brzegach cylindra Yankee, itp.), w pompach próżniowych, możliwe są również inne zastosowania. Niektóre z nich, takie jak przygotowanie dodatków chemicznych, mogą być proporcjonalne do wielkości produkcji bibułki tissue.

W wytwórni bibułki tissue stosującej najlepsze dostępne techniki BAT wszystkie pozostałe miejsca zużywania wody winny być przystosowane do stosowania raczej wody sklarowanej niżli świeżej.

Zdarzają się maszyny papiernicze, zwłaszcza pośród tych wyrabiających tissue w odmianach gorszych jakościowo, o wyższej gramaturze, gdzie mniej ważna jest czystość odzieży maszynowej i finalnego produktu, wówczas możliwe jest osiąganie niższych wskaźników jednostkowego zużycia wody, poniżej  $10 \text{ m}^3/\text{t}$ . Wyrób wysokiej jakości odmian bibułki tissue, o niewielkiej gramaturze, w którym niezbędny jest wysoki stopień czystości, zazwyczaj charakteryzuje się wyższymi jednostkowymi wskaźnikami zużycia wody. Wskaźniki te będą wzrastały wszędzie tam, gdzie występują zmiany produkowanego asortymentu papierów tissue (odmiana lub barwa) oraz postoje maszyny papierniczej, ewentualnie tam, gdzie w jednej papierni działa kilka maszyn papierniczych produkujących bibułki tissue. Takie uwarunkowania mające charakter lokalny mogą podwyższyć jednostkowe zużycie wody o 25 % lub więcej. Generalizując, w papierniach produkujących węższy asortyment papierów tissue, o mniejszym zakresie zróżnicowania barwy czy dodatku środków wodo-utrwalających lub poprawiających wytrzymałość w stanie suchym, a dysponujących większymi maszynami papierniczymi - zużycie wody będzie mniejsze i na odwrót.

Podsumowując: nawet na tej samej maszynie papierniczej zmiana jej prędkości oraz gramatury produkowanego papieru tissue mogą mieć znaczący wpływ na jednostkowe zużycie wody. Generalnie maszyny papiernicze do wyrobu tissue pracują w znacznie szerszym przedziale zarówno gramatur, jak i prędkości niż większość maszyn papierniczych stosowanych do wyrobu innych wytworów papierowych. Ta sama maszyna może produkować bibułkę tissue w zakresie gramatur, którego górny poziom jest aż czterokrotnie wyższy od poziomu dolnego, np. od  $12 \text{ g/m}^2$  do  $48 \text{ g/m}^2$ , a może pracować z prędkościami od  $500 \text{ m/min}$ . do  $1200 \text{ m/min}$ . W powyższych zakresach warunków wyrobu bibułki tissue jednostkowe zużycie wody może się znacząco zmieniać.

Należy stwierdzić, iż nie występują zasadnicze różnice w metodach obniżania zużycia wody w papierniach produkujących bibułę tissue w porównaniu z metodami stosowanymi w innych papierniach. Jednakże ze względu na owe duże zróżnicowania możliwe w przypadku maszyn produkujących bibułę tissue główna różnica ujawnia się w zakresie, w jakim wytwórnice papierów tissue mogą zredukować swoje jednostkowe zużycie wody.

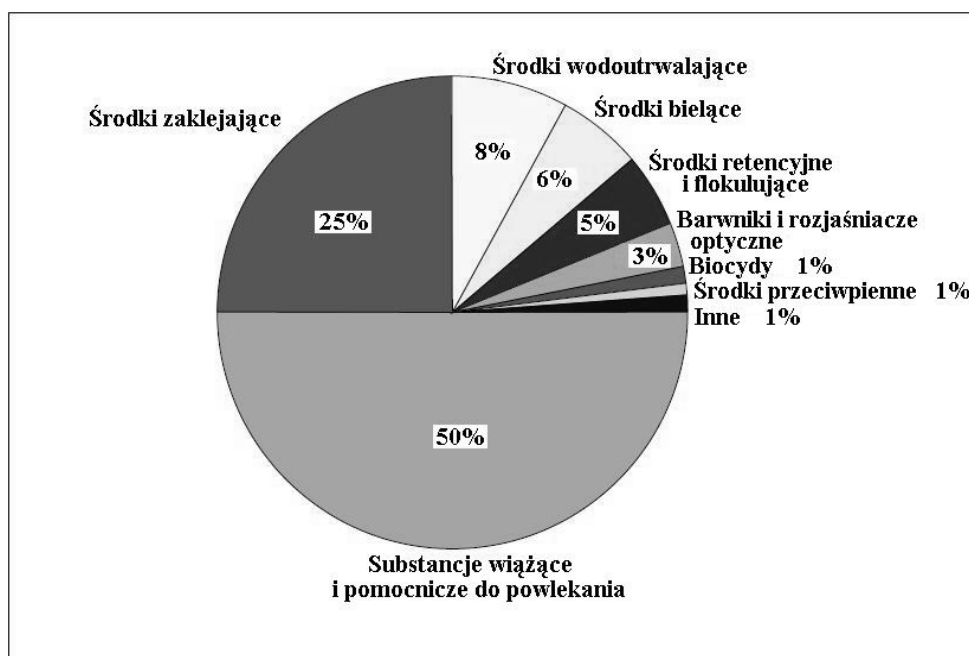
### 6.2.2.3 Stosowanie chemicznych dodatków

#### Wprowadzenie

W papiernictwie możliwe jest stosowanie bardzo dużej liczby dodatków chemicznych, uzależnione jest ono od rodzaju produkowanego papieru. Jednakże w przypadku papierów produkowanych na wielką skalę, takich jak papiery opakowaniowe, niektóre papiery drukowe i do pisania, papier gazetowy, papiery higieniczne - stosowanie chemicznych środków pomocniczych ogranicza się do około 10 do 20 różnych grup tych dodatków. Z drugiej strony do wyrobu niektórych papierów wysokiej jakości, a zwłaszcza w produkcji papierów specjalnych - może być zużywana dużo większa liczba dodatków chemicznych. Wynika to z konieczności osiągnięcia różnorodnych właściwości produktu. W papiernictwie stosuje się około 1300 chemicznych środków pomocniczych, zawierających około 800 substancji [Swedish EPA, 1997 – Szwedzka Agencja Ochrony Środowiska, 1997]. Obok zamierzonych pozytywnych oddziaływań na przebieg produkcji oraz jakość produktu, niektóre z tych dodatków potencjalnie mogą mieć szkodliwe konsekwencje dla środowiska naturalnego.

W europejskim przemyśle papierniczym pierwotne masy włókniste stanowią łącznie 45,8% całkowitego zużycia surowców. Włókna wtórne z odzyskanego papieru, to 38,8%, zatem 14,9% przypada na materiały niewłókniste [CEPI statistics, 1997], z których 11%, to wypełniacze i pigmenty, głównie w postaci kaolinu i węgla wapnia. Pozostałe 3% to dodatki chemiczne, w których duży udział stanowi skrobia pochodząca z surowców odnawialnych. Tradycyjny ałun papierników, będący w istocie siarczanem glinowym, również w znacznym udziale współtworzy tę grupę dodatków chemicznych. Przeciętnie około 1% surowców zużywanych w produkcji papieru, to syntetyczne dodatki chemiczne [EUCEPA, 1997]. Łącznie w skali całego świata całkowita ilość dodatków chemicznych zużywanych w ciągu roku do wyrobu papieru osiąga poziom 8,1 miliona ton, z czego 2,8 miliona ton stanowią substancje syntetyczne (w przeliczeniu na suchą substancję). Taka ilość dodatków chemicznych powoduje, że warto zwrócić na nie uwagę, po to by lepiej zrozumieć ich potencjalne możliwości oddziaływania na środowisko naturalne. Generalnym celem jest znalezienie właściwej równowagi pomiędzy zużyciem wody i dodatków chemicznych, a jakością papieru oraz ochroną środowiska.

Wielka różnorodność dodatków chemicznych kontrastuje z ograniczoną liczbą grup syntetycznych dodatków chemicznych. Brakuje danych statystycznych odnośnie do ilości poszczególnych typów dodatków stosowanych w produkcji papieru w Europie. Ale można założyć, że proporcje między nimi są podobne do tych, podawanych w przybliżonych wyliczeniach dla papiernictwa całego świata. Odnosząc się do rysunku 6.8, około 50% syntetycznych dodatków chemicznych stanowią substancje wiążące stosowane w powlekanii papieru, 25% środki zaklejające, a 8% środki wodo-utrwalające.



**Rysunek 6.8: Udział różnych syntetycznych dodatków chemicznych, odniesiony do globalnego ich zużycia [EUCEPA, 1997].** Można założyć, iż podobne są proporcje między ilościami tych dodatków zużywanych w Europie. Środki zaklejające zawierają środki podwyższające wytrzymałość papieru w stanie suchym (np. skrobie kationowe), stosowane do zaklejania w części mokrej

Rysunek 6.8 wskazuje na fakt, iż z całkowitej ilości syntetycznych dodatków chemicznych jedynie pięć grup substancji stanowi 95% środków zużywanych w papiernictwie.

#### Ogólne uwagi na temat dodatków chemicznych

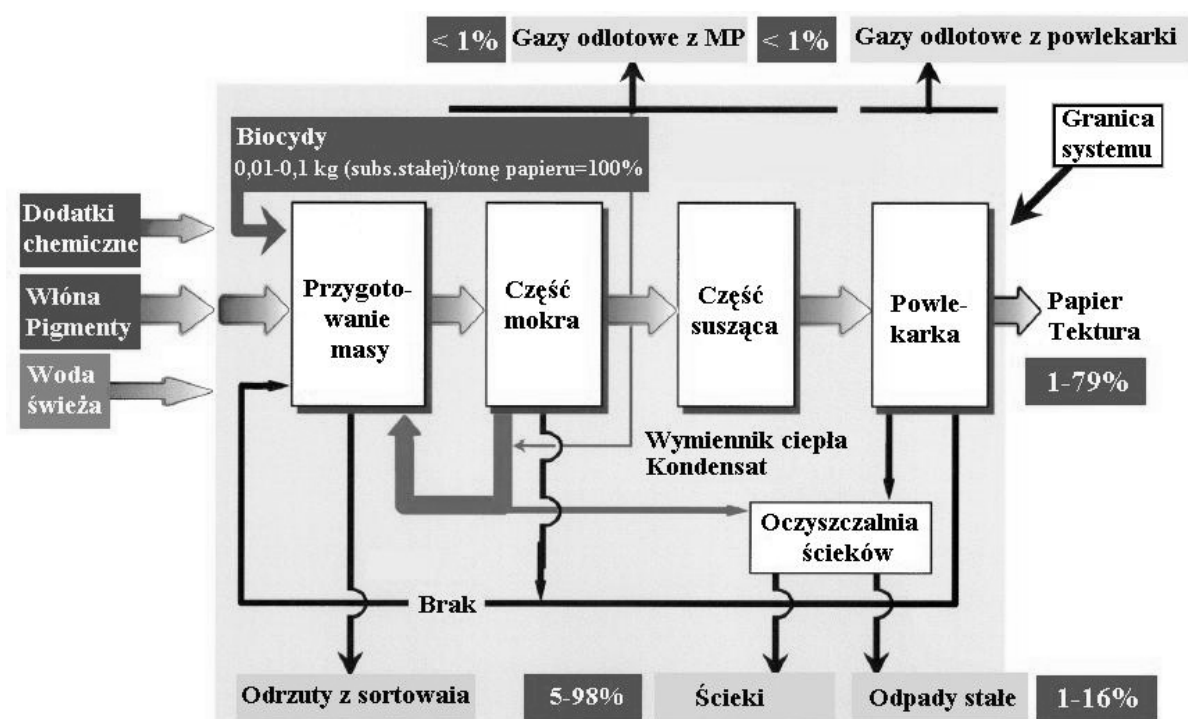
Dodatki chemiczne są raczej mieszaninami różnych substancji chemicznych, a nie pojedynczymi związkami - dopiero w mieszaninie osiągają one oczekiwaną zdolność działania. Ponadto mogą one zawierać produkty uboczne powstałe w procesie ich wyrobu (np. monomery, resztki produktów ubocznych).

Karty produktu oraz uwagi dotyczące bezpieczeństwa jego stosowania, w przypadku dodatków chemicznych, często nie zawierają informacji o rzeczywistej zawartości dyspergatorów, rozpuszczalników i środków pomocniczych, niekiedy podają tylko kategorię substancji czynnej. Co więcej ocena na ile poszczególne substancje są szkodliwe dla środowiska jest trudna, ponieważ nazwy poszczególnych składników podaje się w postaci zaszyfrowanej, a nie jako nazwy chemiczne, np. tensydy lub emulgatory. Aby zapobiegać ryzyku szkodliwego oddziaływania na środowisko, ważne jest by wszyscy użytkownicy dodatków chemicznych wiedzieli, co kryje się pod nazwami, takimi jak: „emulgator” lub „tensyd”. Obecnie zarówno operator, jak i inspektor często nie znają rzeczywistego składu stosowanych dodatków chemicznych. Nie posiadają również wiedzy na temat potencjalnego zagrożenia środowiska przez kompozycje tych dodatków. Do oceny ryzyka niebezpieczeństwa winno się zatem obligatoryjnie angażować dostawcę dodatków chemicznych oraz uzgadniać i brać pod uwagę ryzyko procedur ich stosowania.

Zachodzi potrzeba poprawy dostępności danych opisujących konsekwencje dla środowiska wynikające ze stosowania dodatków chemicznych, a także celowe jest poszerzenie wiedzy o odpowiednich rozwiązaniach alternatywnych, po to by lepiej zrozumieć losy oraz oddziaływania dodatków w środowisku, podczas ich stosowania oraz w następstwie emisji do środowiska.

W niektórych Państwach Członkowskich (np.: w Holandii, Szwecji, Niemczech) zostały zrealizowane obszerne projekty badawcze, których celem było zidentyfikowanie oraz zminimalizowanie ewentualnych zagrożeń dla zdrowia i środowiska, związanych z użytkowaniem różnych dodatków chemicznych, niektóre z tych projektów są jeszcze w trakcie realizacji. Należy podkreślić, że owe potencjalne problemy wynikające ze stosowania dodatków chemicznych w przemyśle papierniczym w tych projektach nie zostały ostatecznie „rozwiązane”. Zyskano rozległą wiedzę na temat zagrożeń wynikających z działania różnych dodatków chemicznych. Jest jednak jeszcze wiele do zrobienia zanim oddziaływania na środowisko każdego ze stosowanych dodatków chemicznych zostaną poznane.

Poszczególne składniki danego dodatku chemicznego, po zastosowaniu rozdzielają się w różnych proporcjach pomiędzy wytwór papierowy, ścieki, stałe odpady oraz powietrze odlotowe - zależnie od fizyko-chemii składników danego dodatku, surowców zastosowanych do wyrobu papieru, jak również od warunków wprowadzania danego dodatku chemicznego. Rysunek 6.9 przedstawia przykład użycia jednego z dodatków chemicznych (biocyd) oraz jego prawdopodobny rozkład pomiędzy poszczególnymi etapami wyrobu papieru.



**Rysunek 6.9: Losy dodatków chemicznych w procesie wyrobu papieru; na przykładzie biocydów [EUCEPA, 1997]**

Przykład ten (rysunek 6.9) pokazuje, że dla pełnej oceny przepływu biocydów, poza ich dozowaniem do procesu produkcyjnego (dawki od 10 do 100 gramów na tonę wyprodukowanego papieru), należy uwzględnić także wprowadzanie biocydów do procesu razem z innymi dodatkami chemicznymi w części mokrej (np. skrobia, poliakryloamid), z wypełniaczami (dyspersja węglanu wapnia) lub ze stosowanymi włóknami (włókno odzyskane z makulatury). Ze względu na dużą różnorodność biocydów, mnogość zmiennych, możliwość przenikania do środowiska w różnych miejscach, badania były przeprowadzone w relatywnie szerokim zakresie.

Uogólniając, potencjalne emisje dodatków chemicznych do środowiska, to: odrzuty z procesów sortowania i oczyszczania masy, ścieki (po oczyszczalni), osady ze wstępnego oraz z biologicznego oczyszczania ścieków, emisje do atmosfery z części suszającej, odpowiednio maszyny papierniczej oraz powlekkarki. Pewna ilość dodatków chemicznych zazwyczaj zatrzymuje się we wstędze papieru.<sup>13</sup>

Spodziewana emisja dodatków chemicznych do odbiornika wodnego jest bezpośrednio uzależniona od ich zatrzymania (retencji) w produkowanym wytworze papierowym (retencja w procesie produkcyjnym) oraz od ich retencji w oczyszczalni ścieków.

Wskaźnik retencji opisuje, jaka część zastosowanego dodatku chemicznego zatrzymuje się w wytworze papierowym i tym samym nie przechodzi do środowiska (woda, powietrze, gleba). Im wyższa jest ta retencja, tym niższa emisja do ścieku, a tym samym mniejsze potencjalne zagrożenia użytych dodatków chemicznych dla środowiska. W przypadku dodatków wprowadzanych do masy wymagany jest wysoki stopień retencji, ma to znaczenie zarówno z ekonomicznego (strata dodatków), jak i ekologicznego punktu widzenia. Ponieważ środki pomocnicze dla produktu są przeznaczone do nadania papierowi szczególnej charakterystyki, to ze względu na koszty i efektywność działania generalnie powinny one zapewnić względnie wysoki stopień zatrzymania włókien celulozowych. Natomiast środki pomocnicze przeznaczone dla procesu zazwyczaj są zatrzymywane w mniejszym stopniu, ponieważ efekty ich działania widać w obiegach wodnych papierni, z tego powodu znaczna ich część jest wydalana wraz ze ściekami. Znajomość retencji dodatków chemicznych i środków pomocniczych jest zatem ważna.

Podatność danej substancji na degradację jest ważna w oszacowaniu ilości tej substancji, która trafi do środowiska wodnego. Zakładając, że większość ścieków z papierni przechodzi przez oczyszczalnię biologiczną, to oszacowanie ilości substancji emitowanych do odbiornika jest możliwe dzięki znajomości wskaźnika retencji oraz biodegradacji danej substancji.

Podsumowując, jeżeli substancje nie są zatrzymywane we wstędze papieru ani też nie są one eliminowane w oczyszczalni ścieków, to wówczas szczególnie ważne są dane o ich toksyczności dla organizmów żyjących w wodzie oraz o ich zdolności do bioakumulacji.

Bardziej szczegółowe informacje odnośnie głównych grup substancji lub poszczególnych ich przypadków przedstawiono w tabeli 5.6 zamieszczonej w rozdziale 5.2.2.3. W tabeli tej zawarto przegląd głównych środków pomocniczych przeznaczonych dla procesu i dla produktu. Informacji należy również szukać w aneksie 1 („dodatki chemiczne i środki pomocnicze w wyrobieniu papieru”). Główne grupy stosowanych dodatków są tam kolejno omawiane w rozdzieleniu na funkcjonalne dodatki chemiczne (środki dla produktu) oraz na chemiczne środki pomocnicze (dla procesu). Dokonano również dodatkowego ich podziału na podgrupy substancji najważniejszych pod względem stosowania oraz oddziaływania na środowisko. Podano tam także dostępne informacje dotyczące wskaźników retencji, biodegradacji, toksyczności oraz bioakumulacji.

---

<sup>13</sup> Takie systematyczne oraz zintegrowane oszacowanie dodatków chemicznych, dla którego zużycie i los biocydów jest tylko jednym z przykładów, zostało wypracowane w Niemczech przez ZELLCHEMING, w Komitecie Technicznym „Produkcja Papieru”, a wyniki dla najpowszechniej stosowanych substancji zostały już opublikowane w 1997 [EUCEPA, 1997]. Ten projekt jest nadal prowadzony. Jednakże, wciąż brakuje informacji o zakresie w jakim różne substancje są znajdowane w środowisku do którego trafiają.

### 6.2.2.4 Zapotrzebowanie na energię

Przemysł papierniczy jest przemysłem energochłonnym. Koszty energii zajmują trzecie miejsce wśród kosztów wyrobu papieru, dochodząc w przybliżeniu do 8% sumy obrotu [DG XVII, 1992]. Jest to w sprzeczności z faktem, iż publikuje się mniej informacji dotyczących jednostkowego zapotrzebowania energii w procesie, aniżeli na przykład o gospodarce wodnej. Zatem raczej trudno jest znaleźć wiarygodne informacje o zużyciu energii w odniesieniu do różnych rodzajów papieru i jakości produktu, o technologiach sprawnych energetycznie, o praktyce gospodarowania i użytkowania energii w europejskim przemyśle papierniczym.

Procesy wyrobu papieru można podzielić na główne dziedziny, takie jak: przygotowanie masy, część mokra, część sucha, powlekanie (fakultatywnie). Te z kolei mogą być dalej dzielone na główne jednostki procesowe. W tabeli 6.6 opisano rolę energii w każdym z tych procesów, jak również potencjalne możliwości zaoszczędzenia energii w tych stadiach procesu.

Główne procesy	Główne jednostki procesowe	Rodzaj energii i jej rola w każdym procesie	Potencjał dla oszczędności energii
Przygotowanie masy	Rozczynianie	Do 60 kWh/t by przeprowadzić suchą masę w stan zawiesiny	Średni
	Oczyszczanie i sortowanie	Ilość energii na pompowanie i podgrzanie zawiesiny zależy od wymaganej liczby stopni oraz od rodzaju włókna (włókna wtórne wymagają większej liczby stopni niż pierwotne). Około 5 kWh/t dla masy pierwotnej	Niski dla włókien pierwotnych
	Rafinowanie	Proces bardzo energochłonny. Energia elektryczna jest zużywana głównie do napędu rotora w rafinerze. Silnie zależy od tego, jakie właściwości papieru mają być osiągnięte; 100-3000 kWh/t	Wysoki
Część mokra	Formowanie i odwadnianie	Duże ilości energii elektrycznej do napędu maszyny oraz na procesy próżniowe. Wlew zaprojektowany energooszczędnie oraz maszyna dwu-sitowa prowadzą do oszczędności poboru mocy. Około 70 kWh/t na systemy próżniowe (zależnie od rodzaju i porowatości)	Średni
Część sucha	Prasowanie	Prasowanie jako takie nie jest energochłonne, a efektywne odwodnienie wstęgi podczas prasowania może dać bardzo duże oszczędności energii podczas jej suszenia	Średni
	Suszenie	Obok rafinowania, suszenie jest najbardziej energochłonnym procesem w papiernictwie. Przede wszystkim energia cieplna	Bardzo wysoki
	Prasa zaklejająca i sekcja dosuszająca	Energia cieplna na suszenie po prasie zaklejającej	Niski
	Kalandrowanie	Energia elektryczna do napędu maszyn i prasowania	Niski
Powlekanie	Powlekanie i suszenie	Energia elektryczna i cieplna na dosuszenie	Niski

**Tabela 6.6: Rola energii w głównych stadiach procesu wyrobu papieru oraz potencjał dla usprawnień [według DG XVII, 1992; po zmianach EIPPCB]**

Całkowite zapotrzebowanie energii (czyli jej zużycie) w postaci energii cieplnej (jako para) i energii elektrycznej, dla niezintegrowanej papierni produkującej wysokogatunkowe papiery

drukowe i do pisania, zostało opublikowane [SEPA - report 4712-4, 1997 – raport SEPA 4712-4, 1997] i stanowi ono:

- Energia cieplna: 8 GJ/t (w przybliżeniu 2222 kWh/t).
- Energia elektryczna: 674 kWh/t.<sup>14</sup>

Oznacza to, iż na tonę produktu zużywa się około 3 MWh licząc łącznie energię elektryczną i ciepłą. Mając na uwadze zapotrzebowanie energii pierwotnej, z uwzględnieniem przetworzenia paliwa kopalnego na energię, to na tonę papieru potrzeba 4 MWh całkowitej energii pierwotnej.

Liczby te dotyczą zmodernizowanej papierni - papierni zbudowanej w 1970r., a następnie zmodernizowanej. Podane wielkości uwzględniają wszystkie stadia procesu od rozczyniania masy włóknistej do produktu finalnego, a także konieczne działy obsługi. Zużycie energii w procesie powlekania uwzględniono w przypadku produkcji papieru powlekanego (przyjmuje się, iż papiernia ta ma roczną zdolność produkcyjną 125000 ton wysokogatunkowego bezdrzewnego papieru powlekanego, produkowanego z zakupionej masy celulozowej. Zawartość pigmentu w tym papierze wynosi 39%, a zawartość wilgoci 4,5%).

Tabela 6.7 przedstawia zużycie energii w postaci energii cieplnej oraz energii elektrycznej dla omawianej niezintegrowanej papierni opisane bardziej szczegółowo.

Wydział	Energia cieplna [MJ/t]	Energia elektryczna [kWh/t]
Przygotowanie masy	0	202
Maszyna papiernicza	8000	350
<b>Kuchnia powlekarki</b>	0	118
<b>Papiernia, łącznie</b>	<b>8000</b>	<b>670</b>
<b>Oczyszczalnia ścieków</b>	<b>0</b>	<b>4</b>
<b>Zużycie całkowite</b>	<b>8000</b>	<b>674</b>
Generator turbiny		0
<b>Całkowita dostawa energii z zewnątrz</b>	<b>8000</b>	<b>674</b>

**Tabela 6.7: Zużycie energii w niezintegrowanej papierni produkującej papier powlekany w ilości 125000 ton na rok [SEPA - Report 4712-4, 1997 – raport SEPA 4712-4, 1997]**

Liczby dotyczące dostaw z zewnątrz pokazują, iż całkowite zużycie energii w tej papierni jest pokrywane dostawami ze źródeł zewnętrznych - zaopatrzenie w olej opałowy, węgiel, gaz, elektryczność

Zużycie energii elektrycznej w pewnym stopniu jest zależne od rodzaju produkowanego papieru. Najniższe wartości - ok. 500 kWh/t - odnoszą się do produkcji papieru pakowego i papierów do wyrobu tektury falistej, podczas gdy na wyprodukowanie papieru drukowego i do pisania zużywa się około 700 - 800 kWh/t. Najwyższego zapotrzebowania energii, do 5600 kWh/Adt, wymaga wytworzenie niektórych specjalnych rodzajów papieru. Energia zużywana jest przede wszystkim w bardziej intensywnym rafinowaniu masy. Poniżej podano bardziej szczegółową informację odnośnie zużycia energii elektrycznej.

<sup>14</sup> W tej liczbie nie wzięto w rachubę strat powstających przy przetwarzaniu energii paliwa kopalnego w energię elektryczną. Przeliczając zakupioną energię elektryczną na zużycie energii pierwotnej, można założyć wydajność energetyczną 36,75% u producenta energii elektrycznej. W tym konkretnym przypadku zużycie energii elektrycznej 674 kWh/t odpowiada 1852 kWh/t energii pierwotnej (np. z węgla).

Energia cieplna znajduje w przemyśle papierniczym cztery główne zastosowania:

- Ogrzewanie wody i cieczy warzelnych, drewna lub masy włóknistej, powietrza i chemikaliów - do temperatur wymaganych w procesie.  
Zawiesina masy włóknistej oraz system wody podsitowej często są dostatecznie ciepłe bez dodatku pary grzejnej. Z punktu widzenia oszczędności energii jest ważnym, aby ograniczać zużycie wody świeżej, a zwiększyć stosowanie wody podsitowej. Oprócz dodawania ciepłej, świeżej wody często konieczny jest obieg wody podsitowej poprzez układ odzyskiwania ciepła w celu utrzymania właściwego poziomu temperatury w układzie wody podsitowej w niezintegrowanych papierniach.
- Odparowanie wody.  
W papiernictwie najbardziej energochłonnym etapem jest suszenie papieru, podczas którego główna część ciepła zużywa się na odparowanie wody z wilgotnej wstęgi. Jest ważne, by minimalizować ilość wody do odparowania sposobami mechanicznymi (prasowanie). Postęp w konstrukcji części prasowej (stosowanie maszyny dwusitowej oraz prasy o poszerzonej strefie prasowania) spowodował obniżenie poziomu wilgotności papieru wprowadzanego do części suszącej (nie odnosi się to do wyrobu bibułki tissue). W przypadku zaklejania powierzchniowego i powlekania papier już raz wysuszony musi być ponownie wysuszony po naniesieniu na jego powierzchnię cieczy zaklejającej lub mieszanki powlekającej. Ich wyższe stężenia i podwyższona temperatura powodują obniżenie zużycia ciepła.
- Pokrycie strat ciepła emitowanego do otoczenia.  
Główna część strat ciepła odprowadzanego z wilgotnym powietrzem odprowadzanym z części suszącej jest kompensowana przez wlot ogrzanego suchego powietrza. Zapotrzebowanie ciepła może być ograniczone poprzez zmniejszenie przepływu powietrza przez część suszącą. Prowadzi to również do wyższej wilgotności powietrza odlotowego zwiększając wartość tego powietrza jako źródła ciepła wtórnego. Odzyskiwanie ciepła w wymienniku ciepła, przez który przepływa wilgotne powietrze odlotowe i wprowadzane do suszarni powietrze suche, również zmniejsza zużycie energii cieplnej.
- Przemiana w energię elektryczną.  
Rosnąca liczba papierni instaluje urządzenia generujące zarówno ciepło, jak i energię elektryczną.

W przemyśle papierniczym energia elektryczna głównie zużywana jest do utrzymania w ruchu różnego rodzaju silników napędowych. Silniki te są używane do napędu wentylatorów, pomp, sprężarek, mieszadeł, maszyn papierniczych, pras, systemów próżniowych, różnych przenośników i innych.

W rafinowaniu masy energia elektryczna jest przede wszystkim stosowana do napędu rotora w rafinerze. To zużycie energii jest zależne od tego, jaki wyrabia się produkt papierowy. W produkcji papierów filtracyjnych oraz bibuły zużywa się mniej energii niż, np. w produkcji różnych odmian kalki kreślarskiej - potrzebują one największego wkładu energii na rafinowanie. Typowe wskaźniki jednostkowego zużycia energii przedstawia tabela 6.8.

Rodzaj papieru	Zużycie energii netto <sup>1)</sup> na rafinowanie [kWh/t]	Zużycie energii brutto <sup>2)</sup> [kWh/t]
Bibułka tissue	brak danych	do 100
Drukowe i do pisania	60 - 100	90 - 300
Papier samokopiujący	150 - 200	250 - 500
Papier pergaminowy satynowany, papiery tłuszczoszczelne	450 - 600	600 - 1000
Kalki kreślarskie	800 - 1200	1600 - 3000

Przypisy:

1) Energię netto wylicza się odejmując od energii brutto energię zużywaną podczas pracy rafinera bez obciążenia<sup>3)</sup>, czyli bez złożenia jego tarcz.

2) Energia brutto to całkowita energia zużyta w procesie rafinowania, z uwzględnieniem strat.

3) Przy braku obciążenia energia jest zużywana w młynie na pokonanie oporów mechanicznych i sił turbulencji, a zatem nie jest ona dostępna dla rafinowania włókien.

**Tabela 6.8: Typowe wielkości zużycia energii w procesie rafinowania, zależnie od produktu [DG XVII, 1992]**

W wielu przypadkach mogą się tu ujawnić potencjalnie znaczne możliwości zaoszczędzenia energii. Na przykład wiele rafinerów jest nieprawidłowo dobranych wymiarowo lub niewłaściwie konserwowanych. Skutkuje to zbyt dużym zużyciem energii podczas pracy bez obciążenia prowadząc do obniżenia sprawności rafinera. Nieprawidłowe wypełnienie rafinera będzie powodowało narastanie zużycia energii niezbędnej dla osiągnięcia założonej właściwości. Nowe konstrukcje rafinerów, o polepszonej sprawności, mogą również oszczędzać energię elektryczną, jako że bardzo małe zużycie energii podczas pracy bez obciążenia jest właściwe dla tych rodzajów rafinerów.

Poniżej w sposób bardziej szczegółowy omówiono zużycie energii w papierniach. Może ona stanowić podstawę do określenia założeń modernizacyjnych mających na celu obniżenie jej zużycia.

Całkowite zużycie energii elektrycznej w papierniach podsumowano w tabeli 6.9. Cała energia zużyta wewnątrz papierni, poczynając od wież magazynowych z masą (w papierni zintegrowanej z wytwórnią masy), a kończąc na operacjach wykańczających - została przedstawiona liczbowo. Papiernie niezintegrowane muszą stosować rozczyniacze wirowe, co nieznacznie zwiększa ich jednostkowe zużycie energii (do 60 kWh/t). Nie ujęto oczyszczalni ścieków. Należy zauważyć, iż wydajność papierni ma wpływ na powyższe wartości. Wraz ze spadkiem wydajności zwiększa się różnica pomiędzy faktycznym zużyciem energii, a odnoszącym się do 100% wydajności zużyciem wskazanym powyżej. Korekta wskaźników za pomocą rzeczywiście osiąganego współczynnika wydajności odgrywa znaczącą rolę w przypadku starych maszyn lub maszyn mogących produkować różne rodzaje papieru i pracujących z częstymi zmianami rodzaju wyrabianego papieru.

Rodzaj papieru	Zużycie energii [kWh/t]
Papier gazetowy	500 - 650
Papier LWC	550 - 800
Papier satynowany	550 - 700
Bezdrzewny drukowy (niepowlekany)	500 - 650
Bezdrzewny drukowy (powlekany)	650 - 900
Tektura wielowarstwowa	ok. 680
Papier workowy	ok. 850
Papier na warstwy płaskie tektury falistej	ok. 550
Bibułka tissue	500 - 3000*

Przypisy:

\* Przedstawione dane ilustrują faktycznie uzyskiwane wskaźniki, to jest bez założenia 100% wydajności. Ogólnie biorąc, w produkcji tissue nowe urządzenia wymagają większego zużycia energii, pozwalając z kolei na zmniejszenie zapotrzebowania włókien. Te odmienne systemy suszenia stosowane w wyrobie tissue, konwencjonalny cylinder Yankee czy suszenie przedmuchowe, a także procesy takie jak ponowne krepowanie - mają dużo większy wpływ na zużycie energii niż inne czynniki w tej produkcji [według ETS].

**Tabela 6.9: Typowe wielkości jednostkowego zużycia energii elektrycznej w nowoczesnych papierniach, dla pełnej zdolności produkcyjnej maszyny papierniczej [dane od dostawcy]**  
Cała energia elektryczna zużywana wewnątrz budynku maszyny papierniczej została uwzględniona i może być wyliczona z całkowitego zużycia energii elektrycznej podzielonego przez pełną zdolność produkcyjną danej maszyny

Liczby przedstawiają całkowite zużycie energii elektrycznej systemów cząstkowych w papierniach. Sumę wielkości zużycia energii przez systemy cząstkowe podano w tabelach od 6.10 do 6.15 [wszystkie dane od dostawcy wyposażenia papierni]. Korelują one z wielkościami całkowitego zużycia energii przedstawionymi w tabeli 6.9.

Rodzaj maszyny	Zużycie energii	Uwagi
Szybkie maszyny (> 1300 m/min.)	80 - 120 kWh/t	Energia zużywana przez pompę zasilającą wlew wzrasta w trzeciej potęgze ze wzrostem prędkości maszyny
Wolne maszyny	60 - 100 kWh/t	Wolne maszyny mogą nie mieć odpowietrzania

**Tabela 6.10: Typowe wielkości jednostkowego zużycie energii w układzie doprowadzenia masy do wlewu maszyny papierniczej**

Rodzaj maszyny	Zużycie energii	Uwagi
Szybkie maszyny (> 1300 m/min.)	70 - 110 kWh/t	Szybkie maszyny pracują z większą wydajnością; zatem jednostkowe zużycie energii jest niższe
Wolne maszyny	80 - 120 kWh/t	

**Tabela 6.11: Typowe wielkości jednostkowego zużycie energii w systemie próżniowym części mokrej maszyny papierniczej**

Lokalizacja	Zużycie energii nowe maszyny	Zużycie energii stare maszyny	Uwagi
Rozczyniacz komory pod wyżymakiem	3 - 5 kWh/t	3 - 7 kWh/t	W starszych maszynach (sprzed 1990r.) typowy kształt betonowych kadzi i zbiorników nie był optymalnie dostosowany do prowadzenia rozwłókniania braku własnego; postęp techniczny spowodował spadek zużycia energii
Rozczyniacz pod prasami	5 - 8 kWh/t	7 - 12 kWh/t	
Rozczyniacz suchego braku	7 - 12 kWh/t	10 - 20 kWh/t	

Przypis:

Podmaszynowe rozczyniacze są kadziami usytuowanymi pod maszyną papierniczą, w których rozczynia się brak własny w wodzie. Taki rozczyniacz uruchamia się tylko w czasie zrywu wstęgi.

**Tabela 6.12: Typowe wielkości jednostkowego zużycie energii w rozczyniaczach pod maszyną papierniczą**

Rodzaj masy włóknistej	Zużycie energii	Uwagi
Masa odbarwiona	30 - 70 kWh/t	Liczby te nie ujmują wyrobu masy włóknistej; wyższy poziom tego przedziału odnosi się do niższego poziomu CSF (czyli do wyższej smarności masy w °SR - przyp. tłum.). Faktyczna energia zużyta w produkcji 1 tony wytworu finalnego zależy od udziału rafinowanej masy w 1 tonie (jeżeli np. jest wymagany udział tylko 30% rafinowanej masy, to wielkości te należy pomnożyć przez 0,3)
Długie włókno (bielone)	100 - 200 kWh/t	
Krótkie włókno (bielone)	50 - 100 kWh/t	
Długie włókno (niebielone)	150 - 300 kWh/t	
Krótkie włókno (niebielone)	100 - 150 kWh/t	

**Tabela 6.13: Typowe wielkości jednostkowego zużycie energii w rafinerach (dla nowej maszyny papierniczej) na tonę rafinowanej masy**

Rodzaj procesu	Zużycie energii	Uwagi
Układ wody podsitowej	20 - 30 kWh/t	Wieże magazynowe wody, wyławiacze, kadzie, pompy
Układ braku własnego	40 - 60 kWh/t	Wieża magazynowa braku, sortowniki braku, zbiorniki, pompy
Mieszanie	10 - 15 kWh/t	Kadź mieszalna, kadź maszynowa, pompy, mieszalniki
Rozczynianie beli masy (tylko dla papierni niezintegrowanych)	25 - 40 kWh/t	Rozczyniacze beli, przenośniki, zbiorniki, pompy
Dozowanie masy (dla zintegrowanych)	5 - 10 kWh/t	Rurociąg zawiesziny masy z magazynowania do kadzi mieszalnej, zbiorniki, pompy
Natryski maszyny papierniczej	5 - 10 kWh/t	Układ wodny natrysków maszyny składa się z pomp, filtrów i sortowników
<b>Całkowita energia elektryczna</b>	<b>70 - 120 kWh/t</b>	<b>na tonę produktu</b>

**Tabela 6.14:** Typowe wielkości jednostkowego zużycie energii w przygotowaniu masy oraz w układzie wody podsitowej (z wyłączeniem rafinowania, rozwłókniania i układu doprowadzenia masy do wlewu)

Rodzaj procesu	Zużycie energii	Uwagi
Maszyna papiernicza	80 - 140 kWh/t	Napędy maszyny papierniczej, formera, pras, suszarni, prasy zaklejającej, nawijaka
Wentylacja maszyny	40 - 60 kWh/t	Zaopatrzenie suszarni w powietrze, wydalenie powietrza odlotowego, powietrze dla składowych procesu, wentylacja części mokrej, wentylacja hali maszyny, wentylatory, pompy
Wentylacja wykończalni	50 - 80 kWh/t	Wszelkie wyposażenie po nawijaku (np. hale powlekania, kalandrowania, przewijania, i inne)
Para i skraplacz	5 - 10 kWh/t	Pompy kondensatu i pompy próżniowe
Smarowanie i pompy hydrauliczne	15 - 40 kWh/t	Jednostki smarowania i pompy hydrauliczne
Powlekarki	15 - 25 kWh/t	
Kalandry	100 - 120 kWh/t	
Przewijarko-krajarki	5 - 10 kWh/t	
Wykończanie	10 - 15 kWh/t	
Chemikalia	5 - 50 kWh/t	Mieszalniki chemikaliów, pompy zasilające, sortowniki

**Tabela 6.15:** Typowe wielkości jednostkowego zużycie energii przez napędy urządzeń w ciągu maszyny papierniczej i poza nią

Niemal cała zużywana energia elektryczna jest wykorzystywana w pracy mechanicznej i ostatecznie przemienia się w ciepło. Ciepło to okazuje się użyteczne, ponieważ uczestniczy ono w utrzymywaniu wymaganego zakresu temperatur w różnych układach produkcyjnych.

Zużycie energii elektrycznej w wielu układach stanowiących segmenty procesu produkcyjnego w papierni, jest praktycznie stałe i nie zależy od wielkości produkcji. Odnosi się to zwłaszcza do papierni, w których regulatory nie są szeroko stosowane. Zatem niskie jednostkowe zużycie energii może być osiągnięte przez utrzymywanie wyrównanego i wysokiego zarazem poziomu wielkości produkcji. Pośród innych czynników sprowadzanie do minimum czasu „jałowego biegu” maszyn prowadzi do minimalizowania zużycia energii elektrycznej.

### 6.2.2.5 Emisje ścieków

**Wyróżnia się następujące źródła ścieków odprowadzanych z papierni (patrz rysunek 6.3):**

#### **Odrzuty z sortowania i oczyszczania masy**

Przed maszyną papierniczą zawieszina masy jest poddawana sortowaniu i oczyszczaniu w celu usunięcia zanieczyszczeń. Odrzuty z sortowników i z urządzeń oczyszczających zawierają te zanieczyszczenia (np. pęczki włókien i piasek) zawieszony w wodzie, z niewielkim udziałem wartościowych włókien. Zazwyczaj opisywane odrzuty odprowadza się do oczyszczalni ścieków, ale mogą one być również wprowadzone do odwadniania osadu.

#### **Nadmiar wody podsitowej**

Woda produkcyjna, wraz z zastosowanymi dodatkami chemicznymi, zostaje głównie odprowadzona w sekcji sitowej maszyny papierniczej, pozostała jej część jest ostatecznie usunięta z papieru w sekcjach prasowej i suszącej. Woda podsitowa zawiera również wodę z natrysków czyszczących, sita i filce. Główna część wody podsitowej jest zwracana w obrębie maszyny papierniczej do rozcieńczania masy przed wlewem i do zasilania natrysków. Pewne ilości wody świeżej, które zastępują wodę podsitową, są w sposób ciągły doprowadzane do maszyny papierniczej więc nadmiar wody podsitowej jest odprowadzany do ścieków lub jest zużywany w przygotowaniu masy papierniczej w papierniach zintegrowanych. Przed odprowadzeniem do ścieków woda ta zazwyczaj przechodzi przez zespół odzyskujący włókno. Woda podsitowa odprowadzana jest do ścieków w ilości zależnej od stopnia zamknięcia obiegów wodnych. Zawiera ona główną część odprowadzanej w sposób ciągły zawiesziny cząstek stałych, a także rozpuszczonych substancji organicznych wyrażanych jako ChZT lub BZT.

#### **Chwilowe i przypadkowe emisje**

Takie emisje ścieków nie są bezpośrednio związane z procesem produkcyjnym i zdarzają się sporadycznie. Przykładami emisji są przelewy wody podsitowej, a nawet zawiesziny masy ze zbiorników oraz w niewielkim stopniu z innych kontrolowanych urządzeń. Emisja ścieków to również zużyta woda z mycia urządzeń, splukiwania podłóg, itp.

Należy zapobiegać emisjom do wody lub gleby z magazynowania czy z posługiwania się potencjalnie niebezpiecznymi dodatkami chemicznymi poprzez właściwe zaprojektowanie wyposażenia oraz sterowanie pracą urządzeń w taki sposób, aby potencjalne skażenia nie mogły znaleźć ujścia (patrz rozdział 2.2.2.8).

#### **Wody chłodzące i uszczelniające**

Zużyte wody chłodzące oraz wody uszczelniające z układu próżniowego zazwyczaj nie zawierają zawiesziny stałych cząstek. Często wody te są zwracane do obiegu - przynajmniej w pewnym zakresie. Czyste wody użyte do chłodzenia winny być oddzielone od innych wód

odciekowych w celu zminimalizowania obciążenia hydraulicznego strumienia zanieczyszczeń niesionego do oczyszczalni oraz dla utrzymania jej sprawności.

Najpowszechniej stosowane wskaźniki jakości ścieków z papierni uwzględniają: zawiesinę ciał stałych, BZT<sub>(5 lub 7)</sub>, ChZT, ogólny azot, ogólny fosfor, AOX i niekiedy zawartość poszczególnych metali. Ze względu na ścieki, które zawierają wiele różnorodnych składników, zostały ostatnio zastosowane parametr toksyczności w pozwoleniu dla pojedynczych papierni (np. w Niemczech) lub parametr w rozporządzeniu dotyczącym ścieków z papierni (np. Austria).

Dane zamieszczone w tabeli 6.16 przedstawiają typowe zakresy głównych parametrów ścieków w ich emisjach z francuskich papierni wytwarzających różne rodzaje papieru. Dane te zasadniczo odzwierciedlają stan papierni w UE. Jednakże tablica ta, z uwagi na istnienie rozbieżności dla każdej z kategorii, może stanowić jedynie wskazanie typowych emisji, ponieważ nie uwzględnia żadnych dalszych warunków technicznych lub założeń. Dane z innych publikacji, traktujących o emisjach ścieków z europejskich papierni, były mniej wiarygodne ze względu na niezrozumiały sposób przedstawienia. W pełni wiarygodne dane dotyczące emisji typowych ścieków z papierni do odbiorników wodnych, to w Europie ciągle rzadkość. Chodzi o takie dane, które zawierają warunki techniczne produkcji różnych rodzajów papieru oraz dane informujące czy uwzględniono w nich produkcję masy włóknistej, czy też nie, a jeśli tak to, w jakim zakresie.

Rodzaj papieru	Zawiesina ogólna [kg/t]		ChZT [kg/t]		BZT <sub>5</sub> [kg/t]	
	przed	po	przed	po	przed	po
Bezdrzewne drukowe i do pisanie	12 - 25	0,3 - 2	7 - 15	1,5 - 4	4 - 8	0,4 - 0,8
Tektura	2 - 8	0,3 - 1	5 - 15	1,2 - 3	3 - 7	0,3 - 0,6
Tissue	2 - 30	0,3 - 3 <sup>2)</sup>	8 - 15	1,2 - 6 <sup>2)</sup>	5 - 7	0,3 - 2 <sup>2)</sup>
Papier specjalny <sup>1)</sup>	20 - 100	0,1 - 6 <sup>1)</sup>	brak danych	1,5 - 8 <sup>1)</sup>	brak danych	0,3 - 6 <sup>1)</sup>

Przypisy:  
 1) Dane dla papieru specjalnego pochodzą z [SEPA - Report 4713-2, 1997 – raport SEPA 4713-2, 1997] i winny reprezentować typowe poziomy emisji do odbiornika wodnego z takich papierni w UE. Po oczyszczalni oznacza w tym konkretnym przypadku: tylko po wstępnym oczyszczaniu ścieków.  
 2) Wyższy poziom zakresu emisji dla papierni produkujących tissue pochodzi z informacji Niemieckiego Stowarzyszenia Papieru.

**Tabela 6.16: Typowe emisje ścieków z papierni przed jakimkolwiek oczyszczaniem oraz po biologicznej oczyszczalni ścieków [ADEME, 1996]**

**Dla papierów specjalnych określenie „po oczyszczeniu” oznacza tylko po wstępnym oczyszczaniu ścieków. Te wartości zdają się reprezentować średnie roczne (co nie zostało wskazane)**

Zakresy powyższych danych odzwierciedlają różnice w stopniu zamknięcia obiegów wodnych, w warunkach pracy papierni (ich wielkość, wiek ich wyposażenia), w podjętych w tych papierniach działaniach na rzecz zoptymalizowania zużycia wody, jak również w warunkach pracy znajdujących się poza papiernią oczyszczalni ścieków, ich sprawności oraz poziomie kontroli prowadzonych w nich procesów. W papierniach zintegrowanych (np. przetwarzających włókna wtórne na masę włóknistą) woda podsitowa maszyny papierniczej jest mieszana z wodą produkcyjną z przygotowania tejże masy. Zatem w papierniach wytwarzających masę włóknistą z makulatury (patrz rozdziały 2 do 5) czasami nie sposób jest wyróżnić emisji z przygotowania masy wtórnej od emisji z maszyny papierniczej.

Emisja substancji pochodzi głównie z:

- Substancji organicznych niesionych ze strumieniem masy włóknistej lub zawartych we włóknach. Jest to sytuacja normalna w przypadku papierni zintegrowanej.
- Substancji organicznej przechodzącej z masy włóknistej i oddzielającej się w procesach rafinowania przed maszyną papierniczą. Uwalnianie substancji organicznych powstających w papierni jest wyższe dla mas mechanicznych niż dla mas celulozowych. Ładunki substancji organicznych, ogólnie określanych jako „wytworzone w papierni”, odpowiadają 2-10 kg ChZT na 1 tonę papieru. Mają one dominujący wpływ na wielkości ChZT (oraz BZT) charakteryzujące ścieki odprowadzane z papierni niezintegrowanych.
- Organicznych substancji zastosowanych w wyrobieniu papieru jako dodatków chemicznych lub środków pomocniczych, które nie zostały zatrzymane we wstędze papieru. Zwłaszcza skrobia oraz produkty jej degradacji są znaczącym wkładem części organicznej ładunku emisji, jakkolwiek są one łatwo biodegradowalne. Znaczenie wkładu dodatków chemicznych do omawianego tu organicznego ładunku ścieków z papierni zależy od ilości i rodzaju użytych chemikaliów. Dla niektórych rodzajów papieru udział dodatków w całkowitym ładunku zanieczyszczeń organicznych, w ściekach odprowadzanych z papierni do odbiornika wodnego pozostaje znaczący. Obecnie emisje ładunków zanieczyszczeń ściekowych z papierni, po skutecznym ich traktowaniu w oczyszczalni biologicznej, zostały radykalnie obniżone. Uogólniając, brakuje wiedzy co do udziału dodatków chemicznych w całkowitym ładunku zanieczyszczeń niesionych przez ścieki. W badaniach przeprowadzonych w kilku papierniach niemieckich został oszacowany udział dodatków w całkowitym ładunku ChZT po biologicznej oczyszczalni ścieków. W tych papierniach przebadanych jako reprezentatywne dla zakładów o danym profilu produkcyjnym ów udział wynosił około 26% dla produkcji powlekanych papierów drukowych i do pisania, 20% dla papieru gazetowego wyrabianego z włókien wtórnych, 43% dla papieru ręcznikowego z włókien wtórnych oraz 35% dla powlekanej tektury z włókien wtórnych [IFP, 1997]. Jednakże wyniki mogą być mylne, np. z powodu ograniczonej liczby przebadanych papierni, a także stosowania wskaźników retencji określonych w próbach laboratoryjnych. Zatem powyższe wartości stanowią jedynie sugestie odnośnie do ewentualnych ilości dodatków chemicznych, które mogą być emitowane do środowiska wraz ze ściekami. Wartości tych nie powinno się uogólniać.

Emisje AOX z papierni w ciągu ostatnich lat zostały znacząco obniżone. Przyczyniło się do tego zaprzestanie stosowania pierwiastkowego chloru w procesie bielenia. Praktycznie, emisje AOX z papierni są niższe od tych z celulozowni ECF. Dzisiaj źródłami ulegającym adsorpcji organicznych chlorowców są zatem głównie niektóre dodatki (np. żywice wodoutrwalające, a także zanieczyszczenia np. epichlorohydryna) oraz w mniejszym zakresie woda produkcyjna traktowana środkami dezynfekującymi zawierającymi chlor, o ile takie są stosowane.

Związki azotu i fosforu pochodzą głównie z dodawania pożywek koniecznych dla skutecznego działania oczyszczalni biologicznej. Niektóre dodatki chemiczne mogą również zawierać organicznie związany azot. Dla przykładu rozjaśniacze optyczne mogą zawierać do 30% organicznie związanego azotu (mocznik).

### 6.2.2.6 Powstawanie odpadu stałego

W papierniach powstają różnorodne rodzaje odpadu stałego. Odpady sklasyfikowane wg. pochodzenia to:

#### Odrzuty z przygotowania masy

Podczas sortownia i oczyszczania masy papierniczej, przed wlewem maszyny papierniczej, powstają odrzuty, które zawierają różnorodne zanieczyszczenia (jak pęczki włókien, piasek, etc.), a także nieco włókien. Zawartość substancji stałej w tych odrzutach mieści się w szerokim zakresie od 1 do 25%. Zwykle są one odprowadzane do oczyszczalni ścieków, ale mogą one być również kierowane bezpośrednio do odwadniania osadu. Przeważająca część substancji stałych zawartych w tych odrzutach gromadzi się w osadzie pierwotnym ze wstępnego klarowania. Wyjaśnia to, dlaczego tak często nie ujawnia się oddzielnie tych odrzutów w danych o odpadach.

#### Osad z oczyszczania wody

Osad z oczyszczania zarówno wody surowej, jak i ścieków stanowi w wielu papierniach jedną z głównych grup potencjalnego odpadu. Można wyróżnić różne rodzaje osadu:

- Osad ze wstępnego chemicznego uzdatniania wód powierzchniowych w celu ich przetworzenia w wodę produkcyjną z zastosowaniem chemikaliów powodujących procesy wytrącania i flokulacji. Osad ten powstaje w papierniach stosujących wody powierzchniowe, które wymagają takiego specjalnego uzdatniania. Ilość powstającego w takich przypadkach osadu może być znaczna.
- Osad ze wstępnego klarowania powstaje w większości papierni i zawiera głównie włókno oraz włóknistą frakcję drobną, a w przypadku papierni stosujących wypełniacze również materiał nieorganiczny.
- Nadmiar osadu czynnego z oczyszczalni biologicznej, który zawiera wysoki udział materiału organicznego. Natomiast wyraźnie mniejsze ilości osadu powstają w biologicznym oczyszczaniu beztlenowym (anaerobowym) stanowiąc około 1/7 ilości osadu powstającego w typowym biologicznym oczyszczaniu tlenowym (aerobowym).
- Osad z chemicznej flokulacji powstaje w papierniach prowadzących oczyszczanie trzeciego stopnia wytwarzające znaczne ilości odpadów. Stosunek udziału materiału organicznego oraz nieorganicznego w tym osadzie jest zmienny i różny dla każdej papierni oraz zależy od ilości i rodzaju użytych flokulantów. Wiele papierni produkujących papiery powlekane prowadzi oddzielne oczyszczanie ścieków z procesu powlekania. W obróbce tych stężonych ścieków flokulacja jest powszechną praktyką, a w jej wyniku powstaje osad, który musi być odwodniony i poddany dodatkowemu traktowaniu.

W tabeli 6.17 podano kilka przykładów odnośnie ilości, jak i rodzaju odrzutu, osadu, a także innych odpadów - powstających przy produkcji tony papieru. Ilości odpadów stałych tworzonych w papierni zależą od rodzaju wyrabianego papieru, stosowanych surowców, a także od zastosowanych technik. Trudno jest znaleźć reprezentatywne dane opisujące typowe ilości odpadu stałego dla różnych rodzajów papierni, które jednocześnie byłyby dostatecznie wiarygodne oraz uwzględniałyby różnorodność surowców i odmienność rodzaju papieru. W różnych krajach podaje się różne udziały odpadów. Główne opcje ustalania zobowiązań pieniężnych oraz główne kierunki gospodarki odpadami (w powyższej kolejności) zostaną przedstawione później.

	<b>Papier i tektura bezdrewnne</b>	<b>Tissue z nabytej masy celulozowej</b>	<b>Papiery specjalne</b>
Roczna produkcja (1994)	904509	24540	965962
Liczba papierni	6	1	20
Całkowity odpad stały	29761	211	161945
Kora	0	0	407
Odrzuty z sortowania i oczyszczania	0	0	639
Osady, łącznie	27972	50	76506
- Osad chemiczno-mechaniczny	8852	0	46259
- Osad biologiczny	120	0	159
- Osad mieszany z oczyszczalni ścieków	19000	50	30088
Pozostałości ze spopielenia, łącznie	1	0	26842
- popioły, żużle	1	0	26671
- pozostałości z działań dla osłabienia emisji do atmosfery	0	0	171
Inne, łącznie	1788	161	57551
- odpady papierowe	1709	90	46817
- inne	79	71	10734
<b>Jednostkowy odpad [kg odpadu na tonę produktu]</b>	<b>33</b>	<b>9</b>	<b>168</b>

**Tabela 6.17. Ilość odpadu stałego (w tonach na rok) dla kilku rodzajów papieru**  
Liczby odnoszą się do mokrego odpadu o suchości wymaganej dla jego dalszej utylizacji lub składowania, pokazując całkowity odpad niezależnie od tego czy będzie on dalej zagospodarowany, czy też nie [Solid Waste Handbook, 1996]

Osady biologiczne i chemiczne wykazują słabą zdolność do odwadniania. Zazwyczaj zagęszcza się je, a następnie odwadnia w prasach (taśmowej, filtracyjnej, ślimakowej) lub w filtrze próżniowym. Zwykle przed odwadnianiem osady te miesza się z osadem ze wstępnego klarowania lub z korą, jeżeli jest ona dostępna.

Chemikalia nieorganiczne i/lub organiczne wykorzystuje się do tworzenia dużych flokuł i przez to do poprawy odwadniania tak otrzymanego osadu. Mieszane osady mogą być odwodnione do 25-35% suchości w prasie taśmowej, do 35-40% w prasie filtracyjnej oraz do 40-60% w prasie ślimakowej z użyciem pary do wstępnego traktowania. Osiągalny stopień usunięcia wody zależy w pewnym zakresie od ilości osadu biologicznego zmieszanego z osadem ze wstępnego klarowania, od zawartości popiołu, a także od zawartości włókien. W niektórych papierniach po odwodnieniu osad ten jest również suszony.

W wielu Państwach Członkowskich władze starają się zapobiegać składowaniu odpadów o wysokiej zawartości substancji organicznych - w najbliższej przyszłości będzie to zabronione. Dyrektywa Unii Europejskiej o składowaniu odpadów będzie propagować tę tendencję. Preferowane będą zamierzenia prowadzące do ograniczania ilości biodegradowalnych (komunalnych) odpadów odprowadzanych na składowiska. W konsekwencji należy rozwijać alternatywne drogi usuwania odpadów oraz opcjonalnie wstępny przerób większych ilości osadu (patrz rozdział 6.3.14). Wiele substancji organicznych spala się dla odzyskania energii. Spalanie minimalizuje objętość odpadu do składników nieorganicznych pozostających jako popiół, który zwykle transportuje się na składowisko. Osad bywa również wykorzystywany jako surowiec w przemyśle cementowym.

Obok odrzutów i osadów z produkcji papieru, popiół oraz pył z kotłów energetycznych tworzą grupę odpadów powstających w niektórych papierniach. Zależą one od użytych paliw oraz od zastosowanej techniki zmniejszania emisji do atmosfery.

### **Inne odpady**

Dodatkowo występują inne rodzaje odpadów powstających w mniejszych ilościach, które mogą jednak stwarzać problemy z ich usuwaniem. Można tu wyróżnić następujące rodzaje odpadów - chociaż przedstawienie ich liczbowo, w postaci ilości jednostkowych przypadających na tonę produktu, nie jest praktycznie możliwe:

- złom żelaza i innych metali,
- tworzywa sztuczne,
- chemikalia zawierające pozostałości z powlekania,
- rozlany olej,
- szkło,
- opakowania (np. pojemniki po chemikaliach, palety, etc.),
- odpady budowlane, jak drewno, beton, cegły, etc.,
- odpady z laboratorium,
- odpady gospodarcze,
- odpady papierowe, które nie mogą być zagospodarowane w danej papierni,
- sita oraz filce.

Większość z tych materiałów może być wykorzystana wówczas, gdy są one segregowane, zbierane oraz przechowywane oddzielnie.

## **6.2.2.7 Emisje do atmosfery**

### **Emisje do atmosfery wynikające z wytwarzania energii**

W papierniach i tekturowniach emisje do atmosfery pochodzą głównie z wytwarzania energii przez różne rodzaje elektrowni, a nie procesy papiernicze jako takie. Ponieważ poziomy emisji do atmosfery z papierni są bezpośrednio związane ze zużywaniem energii, to jej oszczędzanie będzie obniżać wskaźniki emisji do atmosfery. Na przykład, łączne wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej zużywa mniej energii niż konwencjonalny sposób oddzielnego tworzenia elektryczności oraz ciepła, ponieważ sprawność konwersji paliwa w elektrociepłowniach jest znacząco wyższa. Dla całkowitej ilości energii pierwotnej zużytej oraz skojarzonych z tym emisji zasadnicze znaczenie ma to czy dana papiernia korzysta z energii zakupionej w publicznej sieci energetycznej, czy też stosuje energię wytwarzaną na miejscu w elektrociepłowni (CHP).

Co więcej poziomy emisji zależą od rodzaju użytego paliwa (węgiel, oleje, gaz), jak również od tego czy wdrożono technologie służące ograniczeniu emisji:  $\text{SO}_2$  oraz  $\text{NO}_x$ , pyłów, a także nie podlegających spalaniu gazowych substancji organicznych. Techniki zmniejszania emisji do atmosfery na ogół dają się zastosować do procesów spalania paliw kopalnych, stosowanych do wytwarzania energii elektrycznej oraz pary. Ponieważ technologie służące ograniczaniu emisji do atmosfery nie są w sposób szczególny związane z przemysłem papierniczym, lecz z przemysłem w ogóle, to sprawa ta nie będzie szerzej omawiana w tym dokumencie referencyjnym BAT. Omawia się tu jedynie niektóre, ogólnie uznawane możliwości poprawy efektu środowiskowego związanego z zaopatrywaniem papierni w energię jako techniki, które należy wziąć pod uwagę w określaniu najlepszych dostępnych technik BAT; patrz rozdziały 6.3.15 oraz 6.3.16.

### **Emisje do atmosfery z papierni**

Niezwiązane z wytwarzaniem energii emisje do atmosfery, 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.

Przypadki, w których emisje lotnych związków organicznych wymagają zmniejszenia, odnoszą się do ograniczonej liczby papierni różnego rodzaju. Substancje te oznaczają się w niskich stężeniach w powietrzu odlotowym z papierni wykorzystujących w procesie produkcyjnym dodatki zawierające lotne substancje organiczne. Większość lotnych składników z pierwotnych mas włóknistych przedostała się do atmosfery, zanim dana masa dotarła do maszyny papierniczej. Jednakże w części suszącej maszyny papierniczej, a także po powlekanii, dla odparowania pozostałości wody wstęga papieru jest podgrzewana do 100°C. Są wówczas emitowane obok pary wodnej również lotne składniki zawarte w materiale włóknistym oraz w dodatkach chemicznych. Standardowo w papierniach nie stosuje się specjalnych technik ograniczania tych emisji, ponieważ emitowane ładunki tych zanieczyszczeń są raczej niewielkie. Wyniki niedawnych badań powietrza odlotowego z 7 niemieckich papierni podsumowano w tabeli 6.18.

Badane instalacje	Całkowity przepływ masy jako orgC <sub>ogólny</sub>	Stężenie masy jako mg orgC/Nm <sup>3</sup>	Uwagi
MP, papier bezdrzewny, bez zaklejania w prasie	0,7 kg/godz.	2 - 17 mg/Nm <sup>3</sup>	98% z części suszącej
MP+P, papier bezdrzewny, powlekany	brak danych	10 - 30 mg/Nm <sup>3</sup>	Fluktuacje; być może po części powodowane przez resztkowy metan
MP+P, papier drzewny, powlekany	brak danych	48 mg/Nm <sup>3</sup> w suszeniu wstępnym; 24 mg/Nm <sup>3</sup> w dosuszaniu	90% ze wstępnego suszenia; 10% z dosuszania
P, papier bezdrzewny, podwójnie powlekany	4,9 kg/godz.	30 - 67 mg/Nm <sup>3</sup>	Emisje po części powodowane przez resztkowy metan
MP, bezdrzewny, prasa zaklejająca	1,6 kg/godz.	2 - 77 mg/Nm <sup>3</sup>	Główne emisje (56%) z urządzeń ssących pod sitem i z części prasowej
MP, papier i tektura z włókien wtórnych	0,8 kg/godz.	6 - 26 mg/Nm <sup>3</sup>	70% ze wstępnego suszenia
MP, papier z włókien wtórnych	2,4 kg/godz.	3 - 8 mg/Nm <sup>3</sup>	

Przypisy:

MP = Maszyna papiernicza; MP+P = Maszyna papiernicza z powlekarką; P = Powlekarka poza MP

**Tabela 6.18: Substancje organiczne oznaczone w powietrzu odlotowym z papierni przed wymiennikiem ciepła [PTS-FB 09/97]**

Można wnioskować, iż stężenia substancji organicznych w powietrzu odlotowym z papierni należy przeważnie uważać za tak niskie, że nie wymagające stosowania techniki ograniczania emisji do atmosfery. Oznaczane stężenia ogólnego węgla organicznego różnią się znacznie i wahają w zakresie od 2 do 135 mg/Nm<sup>3</sup>. Jednostkowy ładunek zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery przez owe siedem papierni niemieckich, o których napisano [PTS-FB 09/97], przypadający na tonę papieru, określono w zakresie od 0,05 do 0,5 kg całkowitego węgla organicznego. Emisji z powietrzem odlotowym z powlekarek niektórych pojedynczych substancji budzących zaniepokojenie (np. akrylonitrylu pojawiającego się tylko podczas stosowania lateksu butadienowo-akrylonitrylowego), można uniknąć lub je zredukować poprzez staranny dobór receptury mieszanki powlekającej. Należy unikać takich receptur mieszanek powlekających, które zawierają związki kancerogenne. Zazwyczaj trudniej jest powstrzymać emisje formaldehydu, którego stężenia zostały oznaczone w zakresie od 0,1 do 4,8 mg/Nm<sup>3</sup>, gdyż pochodzi on z różnych źródeł, takich jak: żywice wodoutrwalające, środki konserwujące, biocydy i inne.

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; wówczas w powietrzu odlotowym z każdej powlekarki 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.

W kilku specjalnych przypadkach powodem do niepokoju może być emisja pyłów z operacji wykończalnia papieru.

Mogą również występować emisje ze spopielenia osadu i zbędnych pozostałości. Jednakże spopielenie na miejscu w zakładzie osadu oraz innych resztek jest zazwyczaj dokonywane tylko w papierniach zintegrowanych (patrz rozdział 2-5). W zintegrowanych papierniach osady mogą być spalane łącznie z korą w kotłach opalanych korą lub razem z innymi odrzutami, w przypadku wytwarzania masy włóknistej z makulatury.

### **Odory z oparów i z oczyszczalni ścieków (lokalnie)**

W papierniach mogą być wyczuwalne przykre zapachy, które są spowodowane zbyt długim przetrzymywaniem wody produkcyjnej w układzie wodnym (rurociagi, kadzie, itp.) lub które powstają z osadów lub szlamu generujących lotne kwasy organiczne, zwłaszcza octowy i propionowy (lotne kwasy tłuszczowe, skrót angielski: VFA). Związki te mogą być wytwarzane w wyniku rozkładu substancji organicznych (szczególnie na skrobi) przez mikroorganizmy bytujące w warunkach beztlenowych. Mogą być one emitowane w części mokrej, podczas suszenia papieru oraz w trakcie oczyszczaniu ścieków. Również siarkowodór może być wytwarzany w niewielkim zakresie w warunkach beztlenowych. Należy przeciwdziałać

zaistnieniu takich warunków poprzez odpowiednie działania z zakresu inżynierii procesowej. Oczyszczalnia ścieków może również być źródłem odorów. Jeżeli jednak zostanie ona prawidłowo zaprojektowana i jej działanie jest właściwie sterowane, to możliwe jest uniknięcie powstawania przykrych zapachów.

### 6.2.2.8 Hałas z maszyn papierniczych (lokalnie)

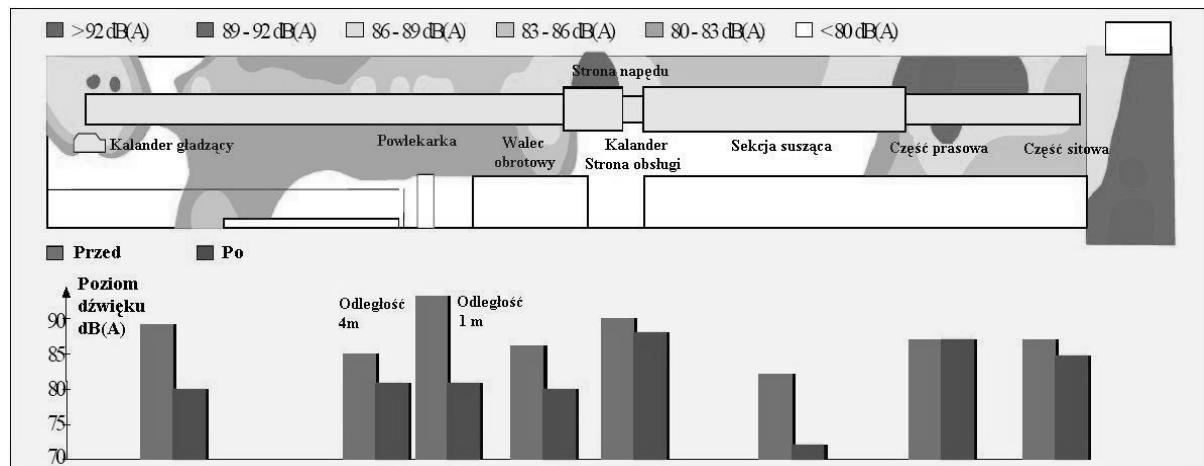
Niekorzystne oddziaływanie hałasu dochodzącego z papierni ma tylko lokalne znaczenie, ale dla warunków pracy w samej papierni oraz dla jej sąsiedztwa hałas ten może być najpoważniejszym ze wszystkich powstających zagrożeń dla środowiska.

Maszyny papiernicze są uznane za urządzenia hałaśliwe, głównymi źródłami hałasu w maszynach do wyrobu papieru i tektury są: część sitowa, część prasowa, część susząca, powlekarka, przewijarko-krajarka, a także system wentylacji tych maszyn. Informacje dotyczące hałasu zestawiono w tabeli 6.19.

Część sitowa	Część prasowa	Część susząca	Powlekarka	Przewijarko-krajarka	Wentylacja
Walce ssące	Wbudowane przekładnie	Układ pary i kondensatu	Suszarnie powietrzne	Układ odpylania	Dmuchawy do wentylacji procesowej
Układ próżniowy	Walce ssące	Obudowa podpiwniczenia	Suszenie podczerwienią (chłodzące powietrze)	Napędy	Wentylatory dla hali maszyny
Natryski	Układy hydrauliczne	Wentylacja procesowa	Hałas pochodzący z konstrukcji szkieletu maszyny	Układ odsysania obcinka	Suszarki powietrzne
Układ napędu	Natryski	Silniki elektryczne	Powlekanie skrobakowe	Wstęga papieru	Dysze
Wentylacja	Skrzynki parowe	Przekładnie	Napędy	Przekładnie	Napędy i silniki wentylatorów
Silniki elektryczne	Hałas pochodzący z konstrukcji szkieletu maszyny z przekładniami z wałkami prowadzącymi	Przenośnik braku	Wstęga papieru	Układ hydrauliczny	Otwory wlotu powietrza
Hydrocyklony	Napędy	Wstęga papieru	Hala wentylatorów dla suszarek powietrznych	Noże	
Pompy wysokociśnieniowe	Układ próżniowy	Rozczyniacz w części suszącej		Strefy docisku	
Rozczyniacz w części mokrej	Rozczyniacz w części prasowej			Rozczyniacz	

**Tabela 6.19: Główne źródła hałasu w maszynach do produkcji papieru i tektury**

Obok maszyny papierniczej występują inne źródła hałasu, które mogą się przyczyniać do kształtowania ostatecznego poziomu hałasu. Przykładami mogą tu być rafinerie oraz pompy próżniowe. Na rysunku 6.10 pokazano, w charakterze przykładu, zakresy poziomów hałasu dla zakładu wyrobającego tekturę. Bez względu na wartości zilustrowanych na tym przykładzie nie należy traktować jako reprezentatywnych dla całego sektora papierniczego. Należy uznać je za wartości niskie, mając na uwadze, iż maszyna ta produkuje tekturę z małą prędkością (600-800 m/min.) oraz, że zostało w niej zastosowanych wiele rozwiązań obniżających poziom hałasu. W części mokrej maszyny papierniczej pracującej z dużą prędkością (np. 1700 m/min.) zakres poziomu hałasu wynosi 95-105 dB(A).



**Rysunek 6.10: Poziomy hałasu w hali maszyny przed oraz po przebudowie różnych sekcji fabryki tektury.**

**Strefy hałasu na poziomie kondygnacji maszyny. Maszyna wyrobująca tekturę oraz przyległe budynki produkcyjne [Paper News]**

Z poziomów hałasu wewnątrz hali wynika, że od strony napędu maszyny i od strony jej obsługi występuje różnica tych poziomów.

Powyższy rysunek wskazuje, iż, stosując zestaw rozwiązań w obrębie głównego źródła hałasu można krok po kroku obniżyć jego poziom. Ewentualnym działaniem na rzecz redukcji hałasu wewnątrz hali może być na przykład zainstalowanie nowych zamkniętych okapturni ze skuteczniejszą izolacją dźwiękową. Przykładowe poziomy hałasu osiągnęte przez maszyny wyrobujące tekturę przedstawia rysunek 6.10. Poziomy hałasu w pobliżu środkowej części okapturni sekcji suszącej osiąga wartość 82 dB (A), a w sekcji prasowej 85-88 dB (A).

Przykłady działań zmierzających do ograniczania hałasu na zewnątrz, to instalowanie pochłaniających dźwięk wyciszaczy i/lub rezonatorów rurociągów, których zadaniem jest redukcja poziomu hałasu tworzonego przez wentylatory powietrza odlotowego oraz przez pompy próżniowe. Przykładem takim może być również montowanie urządzeń do wyciszania oraz okapturni z izolacją dźwiękową dla wentylatorów pracujących na dachu budynku, itp. (patrz rozdział 6.3.19). To, jakie rozwiązania zostaną zastosowane zależy w dużym stopniu od konkretnego problemu z hałasem w danej papierni, a także od określonych celów jego ograniczania, które zazwyczaj są dużo istotniejsze wówczas, gdy papiernia jest umiejscowiona w pobliżu obszaru zamieszkałego.

W pewnym stopniu dostawcy urządzeń zareagowali na problemy hałasu i wibracji opracowując ciszey pracujące urządzenia wyposażenia papierni oraz bardziej efektywne urządzenia do wyciszania hałasu. Działania te ogniskują się wokół czynności zmierzających do osłabienia hałasu u źródła, a ich celem jest zarówno zapobieganie powstawaniu hałasu już w fazie projektowania urządzeń, jak i osłabianie hałasu w urządzeniach pracujących. Docelowe poziomy, do których chce się osłabiać hałas, są różne w różnych krajach. Zależą one również od lokalizacji papierni oraz od woli stworzenia lepszych warunków pracy pracownikom.

### 6.3 Techniki, które należy wziąć pod uwagę w określaniu BAT

W tej części przedstawiono wszystkie obecnie dostępne na rynku techniki istotne dla wyeliminowania lub zmniejszenia emisji zanieczyszczeń oraz odpadów, jak również obniżania zużycia energii oraz surowców, zarówno w papierniach nowych, jak i istniejących. W tym dokumencie główne opcje techniczne skierowane w obszar ochrony środowiska i oszczędności energii nazywa się „technikami, które należy wziąć pod uwagę w określaniu BAT”, co oznacza stosowne techniczne alternatywy lub możliwości usprawnień zapewniające najlepsze wyniki środowiskowe oraz ekonomiczne. Obejmują one działania w procesie produkcyjnym, jak również technologie określane mianem oczyszczania na wyjściu. Naszkicowano zalety i wady wdrażania niektórych technik. Lista dostępnych technik nie jest zamknięta i może być uzupełniana podczas przeglądania tego dokumentu.

Prezentacja dostępnych technik obejmuje dla każdej techniki: jej opis, osiągnięte główne poziomy emisji, możliwości zastosowania, skutki oddziaływania na środowisko, aspekty ekonomiczne, dane eksploatacyjne, przykładowe zakłady, bibliografię.

Niektóre rozwiązania opisane w tej części obowiązują tylko dla poszczególnych rodzajów papieru (będą wyróżnione), podczas gdy inne dają się zastosować niezależnie od rodzaju produkowanego papieru. Pozostałe rozwiązania należy uważać za odnoszące się do papiernictwa wogóle.

Wiele papierni jest zintegrowanych z wytwórnią masy włóknistej. Są też papiernie częściowo zintegrowane, to znaczy część zużywanej przez nie masy wyrabia się na miejscu, a reszta pochodzi z zakupu. Zatem powstaje jakby pewne nałożenie się z jednej strony wyrobu (odpowiednio) masy celulozowej lub mechanicznej, lub też masy z makulatury, a z drugiej wyrobu papieru i związanych z tym procesów. W takich przypadkach dla uniknięcia zbędnych powtórzeń oraz dla pokazania podobieństw i różnic między danymi procesami będą podawane odniesienia do odpowiednich rozdziałów.

Ponieważ, opierając się na danych liczbowych, większość papierni w Europie, to papiernie niezintegrowane, wydawało się celowym opracowanie oddzielnego rozdziału poświęconego wyrobowi papieru jako samodzielnej działalności. Powinniśmy jednak mieć na uwadze to, że papiernia często może prowadzić - choćby w niewielkim zakresie - wyrób masy włóknistej. W takich przypadkach należy również brać pod uwagę odpowiednie rozdziały opisujące wyrób masy włóknistej.

W sposób przeglądowy podano techniki zmniejszenia emisji z produkcji papieru i związane z nimi działania. Próbowano przedstawić w tabeli 6.20 potencjalne oddziaływanie na procesy i środowisko każdej z technik, które należy wziąć pod uwagę w określaniu BAT. Można stwierdzić, że nie jest łatwe opisanie oddziaływania na procesy i środowisko w sposób niepowodujący sporu, bowiem w oszacowaniu tych oddziaływań występuje wiele „szarych stref”. Co więcej te oddziaływania mogą zależeć od innych technik, które z kolei mogą być

połączone z rozwiązaniem, w odniesieniu do którego jakaś technika jest porównywana, uwzględniając zarazem ograniczenia tego układu. Zatem jakościowe oszacowanie oddziaływań na procesy i środowisko winno być odebrane jedynie jako pomoc dla operatorów lub inspektorów, którzy mogą wskazać, jakie uboczne skutki dane rozwiązanie ewentualnie może spowodować. Jest to jedynie punkt wyjścia podczas rozważania ewentualnych przemieszczeń skażenia z jednego elementu środowiska do innego. Wyników takiego oszacowania nie należy traktować jako reguły. Co więcej działania zapobiegawcze i ochronne mogą wyeliminować niektóre z tych skutków.

Dane w tabeli 6.20 wskazują również, do których elementów środowiska (woda, powietrze, odpad, energia) dane rozwiązanie jest adresowane. Odpowiednie paragrafy zawierają szczegółowe omówienie każdej techniki oraz dodatkowe wyjaśnienia.

W wierszach zebrano poszczególne dostępne techniki. Natomiast w kolumnach pokazano jakościowo tendencje w kształtowaniu skutków powodowanych przez różne techniki w zużyciu surowców i emisjach stosując strzałki skierowane do góry „↑” i do dołu „↓”. Strzałki skierowane do dołu „↓” wskazują oszczędności surowców lub energii oraz obniżenie emisji do różnych mediów (woda, powietrze, gleba). Strzałki skierowane do góry „↑” pokazują podwyższenie emisji oraz poziomów zużycia. Niektóre z rozwiązań stosowanych dla zapobiegania skażeniom oraz ich ograniczania, przedstawione w tej części, dotyczą równocześnie więcej niż jednego ośrodka środowiskowego (wody, powietrza, gleby). Niektóre techniki mogą wykazywać pozytywne i/lub negatywne oddziaływanie na inne elementy środowiska lub na zużycie surowców i energii (oddziaływanie na procesy i środowisko). Owe efekty będą zaznaczane za pomocą strzałek, przy czym strzałka w nawiasach „(↑)” oznacza jedynie niewielki - często nieistotny - wzrost zużycia energii oraz surowca lub emisji do środowiska, które pojawią się w wyniku wdrożenia danego rozwiązania.

**Aspekty ekonomiczne** (inwestycje, koszty eksploatacyjne) nie zostały ujęte w tej tabeli, ale są one wyjaśnione w tekście. Dane ekonomiczne mogą jedynie ogólnie dotyczyć poziomów kosztów. Będą się jednak zmieniały wraz z projektem całego zakładu, zależąc, m.in. od wielkości papierni oraz od tego, jak dane rozwiązanie pasuje do pozostałego wyposażenia papierni.

Każda technika jest opatrzona znakiem referencyjnym, który pomaga rozpoznać odpowiednią sekcję w tekście, w którym dana technika jest szczegółowo omawiana.

Techniki, które należy wziąć pod uwagę w określaniu BAT	Skutki dla poziomów zużycia i emisji (oddziaływanie na procesy i środowisko)					
	Zużycie chemikaliów	Zużycie energii (E) i wody (W)	Emisja do wody	Emisja do powietrza	Odpad stały	Możliwość zastosowania
6.3.1 Gospodarka wodna i minimalizowanie zużycia wody w produkcji różnych rodzajów papieru	(O)	(↓) E, (↓) W	↓	O	O	Wszystkie rodzaje
6.3.2 Opanowanie potencjalnych niedogodności zamykania obiegów wodnych	↑	O	(↓)	O	O	Wszystkie rodzaje
6.3.3 Oczyszczanie wody podsitowej (w ciągu) z użyciem filtracji membranowej	O	(↑) E, (↓) W	(↓)	O	O	Wszystkie rodzaje
6.3.4 Obniżanie strat włókien i wypełniacza	↑	↓	↓	O	(↓)	Wszystkie rodzaje
6.3.5 Odzyskiwanie i zawracanie ścieków zawierających mieszanki powlekające	(↓)	O	↓	O	↓	Wszystkie rodzaje produktów powlekanych
6.3.6 Oddzielne wstępne oczyszczanie ścieków z powlekania	(↑)	O	↓	O	(↑)	Wszystkie rodzaje produktów powlekanych
6.3.7 Rozwiązania ograniczające częstość oraz skutki emisji przypadkowych	O	O	(↓)	O	O	Wszystkie rodzaje
6.3.8 Pomiary i automatyzacja	(↓)	↓	↓	O	O	Wszystkie rodzaje
6.3.9 Zbiornik wyrównawczy i wstępne oczyszczanie ścieków	O	O	↓	O	O	Wszystkie rodzaje
6.3.10 Oczyszczalnia biologiczna aerobowa	(↑)	↑ E	↓	O	↑	Większość rodzajów
6.3.11 Wytrącanie chemiczne	↑	(↑) E	↓	O	↑	Wszystkie rodzaje
6.3.12 Zastąpienie substancji potencjalnie szkodliwych	O	O	↓	O	(↓) <sub>szkodliowości</sub>	Wszystkie rodzaje
6.3.13 Wstępna obróbka osadu	(↑)	(↑) E	O	O	↓ <sub>objętości</sub>	Wszystkie rodzaje
6.3.14 Opcje dla oczyszczania ścieków	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	Wszystkie rodzaje
6.3.15 Instalacja w pomocniczych kotłach technologii ograniczającej emisje NO <sub>x</sub>	O	O	O	↓	O	Wszystkie rodzaje
6.3.16 Stosowanie łącznego wytwarzania ciepła i mocy	O	↓ E	O	↓	O	Wszystkie rodzaje
6.3.17 Optymalizacja odwadniania w części prasowej maszyny papierniczej	O	↓ E	O	O	O	Wszystkie rodzaje
6.3.18 Oszczędności energii poprzez energooszczędne technologie	O	↓ E	O	O	O	Wszystkie rodzaje
6.3.19 Środki zaradcze dla ograniczenia hałasu na zewnątrz	O	O	O	↓	O	Wszystkie rodzaje

Przypisy:  
Podano pozytywne oraz negatywne skutki uboczne. ↑ = wzrost; ↓ = spadek; O = bez efektu (lub nieistotny); (↑) lub (↓) = niewielki wpływ, zależnie od warunków

**Tabela 6.20: Przegląd dostępnych technik, które należy wziąć pod uwagę w określaniu BAT dla papierni**

### 6.3.1 Gospodarka wodna i minimalizowanie zużycia wody w produkcji różnych rodzajów papieru

Opis tego rozwiązania winien być czytany razem z rozdziałem 6.3.2, w którym omawia się opanowywanie ewentualnych problemów mogących towarzyszyć zamykaniu obiegów wodnych.

**Opis techniki:** Działania na rzecz obniżania zużycia wody przez maszyny do wyrobu papieru i tektury, to zagadnienie złożone oraz zależne głównie od zamierzonego stopnia zamknięcia obiegu. Jakkolwiek istnieje wiele technicznych opcji, które mogą się nieco różnić w poszczególnych papierniach, to istnieją jednak pewne podstawowe rozwiązania służące do redukcji zużycia wody. Rozwiązania te obejmują następujące działania:

- Skuteczne oddzielanie wód chłodzących od wody produkcyjnej oraz ich schładzanie w wieżach chłodniczych, umożliwiające ponowne użycie, z uzupełnieniem w 10-15% wodą świeżą. W celach ochronnych, dla wydzielenia cząstek stałych, zaleca się instalację niewielkiego sortownika lub filtra. Gdy porcje wody chłodzącej zostaną wprowadzone do układu wody produkcyjnej, to nie prowadzą one do zanieczyszczenia tego układu.
- W papierniach zintegrowanych cyrkulacja wody w ciągu maszyny papierniczej jest oddzielona od działu wytwarzania masy włóknistej, który przeciwnie zasila się nadmiarem wody podsitowej z maszyny papierniczej.
- Zazwyczaj układ wody do natrysków zużywa najwięcej wody świeżej w ciągu maszyny papierniczej. Zużycie wody do natrysków zawiera się zwykle w przedziale 4-15 m<sup>3</sup>/t, zakładając całkowite jednostkowe zużycie wody około 20-30 m<sup>3</sup> na tonę papieru. Aby zredukować zużycie wody świeżej do rozsądnego poziomu, przeważająca część tej wody świeżej musi być zastąpiona przez sklarowaną wodę podsitową. W tym celu stosuje się odzyskiwanie włókna, skojarzone z wytwarzaniem klarownej (lub superklarownej) wody podsitowej stosowanej do zastąpienia wody świeżej w natryskach maszyny papierniczej (patrz 6.3.3 oraz 6.3.4). Tak więc można z powodzeniem doprowadzić wodę sklarowaną do układu wody natryskowej, znacząco redukując zapotrzebowanie wody świeżej. Jednakże przeważnie nie poleca się, by filtry z wyławiacza włókien były stosowane do natrysków w części prasowej (np. do wysokociśnieniowych natrysków filcu prasowego). Powodem tego jest możliwość wytrącania się na tym filcu koloidowych substancji ze sklarowanej wody podsitowej. Mogłoby to doprowadzić do zatkania się porów filcu prasowego. Do chwili obecnej wysokociśnieniowe natryski filców prasowych wymagają stosowania wody świeżej. W przypadku, gdy pomimo opisanych niedogodności obsługa maszyny zechce stosować filtrat, to w pierwszej kolejności należy zbadać, by uzdatnić go w taki sposób, aby jak najmniej substancji koloidowych mogło przechodzić z filtratu do filcu (patrz rozdziały 6.3.3 oraz 5.3.8).
- Zawracanie do obiegu części wody uszczelniającej pompy próżniowe, po jej schłodzeniu i usunięciu z niej cząstek stałych.
- Równorzędne zarządzanie wszystkimi strumieniami surowców w papierni, tj. strumieniem włókien, chemikaliów oraz wody, które uwzględnia ich wzajemnie oddziaływanie. Przykładowo wszelkie wprowadzane strumienie chemikaliów podlegają sterowaniu oraz badaniom uwzględniającym ich wpływ na jakość wody oraz chemię części mokrej (układ regulacji na wejściu).
- Zaprojektowanie oraz eksploatacja rurociągów i kadzi magazynowych w taki sposób, by nadwyżki wody mogły być przechowane bez pogorszenia jej jakości.
- Szkolenie oraz motywacja pracowników mają kluczowe znaczenie dla osiągnięcia oraz utrzymania niskiego zużycia wody.

Zależnie od punktu wyjściowego, charakterystyki papierni oraz jakości jej produktu, z powyższymi ustaleniami można osiągnąć zużycie wody świeżej w maszynie produkującej

niepowlekanie papiery lub tekturę rzędu 5-12 m<sup>3</sup>/ADt, a w maszynie wyrabiającej powlekany papier drukowy 7-15 m<sup>3</sup>/ADt.

Obniżanie zużycia wody poprzez jej zawrót do obiegu w celu dalszej redukcji ilości ścieków wymaga wdrożenia dodatkowych sposobów jej traktowania, np.: fizyko-chemicznego (patrz 5.3.8), biologicznego (patrz 5.3.4) lub mechanicznego (patrz 6.3.3), ewentualnie ich kombinacji.

Mnogość nagromadzonych substancji nieorganicznych i organicznych stanowi poważne ograniczenie osiągnięcia powyższego celu. Z tego względu zawartość zanieczyszczeń należy utrzymywać na niskich poziomach. Ma to na celu zapobieżenie kłopotom w działaniu maszyny papierniczej oraz pozwoli na spełnienie wymagań jakościowych stawianych papierom lub tekturom.

**Możliwość zastosowania i charakterystyka metody:** Techniki zintegrowane z procesem. Działania ograniczające zużycie wody mogą być stosowane zarówno w istniejących, jak i w nowych papierniach. Jednakże rozdzielanie obiegów wodnych papierni oraz wytwórni masy włóknistej w papierniach zintegrowanych lub w znaczącym stopniu zamknięcie obiegów wodnych - są bardziej kosztowne w starszych papierniach. Większa przebudowa rurociągów oraz modyfikacja części mokrej maszyny papierniczej są uzasadnione wówczas, gdy zmierza się do dalszego zamknięcia obiegów. W istniejących maszynach takie przekształcenia są trudne do osiągnięcia bez radykalnej przebudowy lub rozszerzenia zakresu procesu produkcyjnego. W nowych maszynach można w nieco prostszy sposób obniżyć zużycie wody. Ważnym problemem dotyczącym istniejących papierni jest odporność materiałów na oddziaływanie gromadzących się substancji korodujących, takich jak chlorki, a także działanie wody o podwyższonej temperaturze. Obiegi wodne są tym trudniejsze do zamknięcia, im bardziej zróżnicowane produkty się wyrabia oraz im częściej zmienia się rodzaj produkowanego papieru. Mniejsze papiernie zwykle stoją przed koniecznością częstszych zmian produkcji w ciągu roku (lub nawet dnia) aniżeli większe papiernie wyrabiające masowo produkowane rodzaje papieru. Należy również brać pod uwagę indywidualne rozmieszczenie oddziałów w poszczególnych papierniach.

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** Te osiągnięcia zależą głównie od sytuacji w danej papierni. W istniejących papierniach, bez wdrażania jakichkolwiek specjalnych zabiegów w ciągu papierni, można uzyskać obniżenie zużycia wody świeżej: wód chłodzących o 10-15 m<sup>3</sup>/ADt oraz wody produkcyjnej o 5-8 m<sup>3</sup>/ADt, ale stopień zamknięcia obiegu jest w dużym stopniu uzależniony od wytwarzanego produktu. W przypadku tektury o niskiej białości można znacznie łatwiej osiągnąć mniejsze objętości ścieków niż w produkcji tektury do pakowania towarów ciekłych czy w wyrobie papierów drukowych i do pisanania.

W zależności od początkowego stanu danej papierni osiągalne wartości całkowitego zużycia wody świeżej dla niektórych rodzajów papieru zawierają się w zakresie:

- papier gazetowy: 8-13 m<sup>3</sup>/t,
- papier bezdrzewny (wysokogatunkowy) niepowlekany: 5-12 m<sup>3</sup>/t,
- papier bezdrzewny powlekany: 5-15 m<sup>3</sup>/t,
- papier LWC: 10-15 m<sup>3</sup>/t,
- papier satynowany (SC): 10-15 m<sup>3</sup>/t,
- wielowarstwowa tektura na pudełka składane: 8-15 m<sup>3</sup>/t (włókna pierwotne),
- papier na warstwę pofalowaną: 4-10 m<sup>3</sup>/t (włókna pierwotne),
- bibułka tissue: 10-15 m<sup>3</sup>/t (włókna pierwotne; produkty o wyższej gramaturze lub rodzaje o niższej jakości); 15-25 m<sup>3</sup>/t (włókna pierwotne; produkty o niższej gramaturze lub rodzaje o wyższej jakości).

Zużycie wody świeżej zależy głównie od: rodzaju produkowanego papieru, ilości natrysków oraz od ilości wody zawłóknionej użytej do tych natrysków, warunków lokalnych danej papierni, a także od gromadzenia informacji o użytkowaniu wody. Produkty papierowe o niższej gramaturze na ogół wymagają nieco więcej wody na tonę produktu finalnego.

**Monitorowanie emisji:** Typowe urządzenia do monitorowania obejmują przepływomierze dla pomiaru: zasilania maszyny papierniczej w wodę świeżą, zasilania natrysków, a także głównych strumieni wody podsitowej. Jeżeli do natrysków maszyny papierniczej używa się wody sklarowanej, to zalecane jest wykonywanie oznaczeń zawiesiny ciał stałych oraz mętności.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** W papierniach o niskim zużyciu wody stężenia zanieczyszczeń w ściekach są wyższe. Często przyczynia się ono do uzyskania wyższych sprawności ich usuwania. W pewnym zakresie mogą być obniżone starty surowca i energii. Mniejsze objętości ścieków oznaczają zwykle również mniejszy ładunek ciepła odprowadzanego do odbiornika.

**Doświadczenia eksploatacyjne:** Opisane rozwiązania wdrożono w wielu papierniach w Europie. Doświadczenia powyższe są pozytywne także w odniesieniu do istniejących papierni, obecne konstrukcje maszyn papierniczych w znakomity sposób umożliwiają stosowanie tych rozwiązań.

Klarowną lub super-klarowną wodę podsitową z wyławiacza włókien w coraz większym stopniu zużywa się w natryskach maszyny papierniczej. Wzrost zawartości ciał stałych lub wielkości cząstek ponad przepustowość dysz natrysku może powodować ich zacinanie. Dlatego rozprowadzenie wody do takich natrysków winno zawierać w swym ciągu filtr ochronny i być wyposażone w automatyczny system oczyszczania. System ten ma na celu zabezpieczenie obiegu przed skutkami zaburzeń w pracy wyławiacza włókien, w przypadku pełnego zastąpienia wody świeżej wodą podsitową. Również urządzenie oczyszczające natryski, z wewnętrzną szczotką lub innym wyposażeniem czyszczącym, może pomóc w uniknięciu powyższych kłopotów.

Jednakże w już istniejących papierniach osiągnięcie niskiego poziomu zużycia wody jako wyniku wdrażania różnych rozwiązań, zazwyczaj wymaga wieloletniej rozbudowy i udoskonalenia tego procesu.

**Aspekty ekonomiczne:** Brak jest ogólnej informacji dotyczącej struktury kosztów zamykania obiegów wodnych, ponieważ poszczególne zakłady stanowią w tym względzie przypadki indywidualne. Nakłady zależą głównie od technicznej charakterystyki papierni oraz warunków lokalnych. Koszty rozwiązań zależą od liczby oraz charakteru koniecznych zmian w obiegu wodnym oraz od rodzaju wyposażenia dodatkowego.

**Cel wdrożenia:** Zestaw ewentualnych rozwiązań dla obniżenia zużycia wody świeżej jest wymagany w papierniach, gdzie ograniczona jest dostępność wody świeżej lub gdzie stanowi ona towar, za który trzeba płacić. Ulepszenia, o których mowa, często wykazują pozytywny skutek netto, ponieważ ewentualne oszczędności powstają przez obniżenie kosztów poboru wody surowej, zmniejszenie strat włókien i wypełniaczy, niekiedy przez obniżenie zużycia energii oraz zmniejszenie objętości oczyszczanych ścieków.

Wzrost zdolności produkcyjnej lub ograniczenie przepustowości hydraulicznej istniejącej oczyszczalni ścieków – są argumentem za zastosowaniem tych rozwiązań.

**Przykładowe zakłady:** Liczne papiernie w Europie.

**Bibliografia:** [CEPI, 1988 b].

### 6.3.2 Ograniczenie potencjalnych niedogodności zamykania obiegów wodnych

**Opis techniki:** Narastające zawracanie do obiegu wody produkcyjnej w maszynach produkujących papier i tekturę powoduje wzrost stężenia substancji koloidowych, organicznych i nieorganicznych rozpuszczonych w tych strumieniach. Zależnie od charakterystyk wprowadzanej masy oraz chemikaliów stosowanych do wyrobu papieru zamknięcie obiegów wodnych może mieć niekorzystny wpływ na płynność ruchową maszyny papierniczej, jakość produktu finalnego, a nawet na koszty produkcji na skutek zwiększonego dodatku chemikaliów. Wskazane wyżej potencjalnie negatywne skutki wymagają opanowania. Możliwe korzyści oraz niedogodności obniżania zużycia wody podano w tabeli 6.21. Wady zamykania obiegów wodnych wymagają eliminacji, o tym napisano poniżej.

Możliwe zalety	Możliwe wady
Polepszona retencja substancji rozpuszczonych we wstędze papieru	Wyższe stężenia substancji koloidowych i rozpuszczonych w obiegach wodnych
Zmniejszenie zapotrzebowania energii na ogrzewanie i pompowanie	Ryzyko tworzenia się śluzu, prowadzące do tworzenia osadów oraz do zrywów wstęgi
Lepsza odwadnialność na sicie, co prowadzi do oszczędności energii w sekcji suszącej	Ryzyko niższej jakości produktu, np. białości, wytrzymałości, miękkości, porowatości
Niższe koszty inwestycji dla zredukowanego wyposażenia	Podwyższone zużycie środków pomocniczych dla procesu
Oszczędności surowców na skutek mniejszych strat	Ryzyko korozji (wyższe stężenie chlorków)
Wyższe sprawności redukcji w oczyszczalni ścieków	Podwyższone ryzyko zatykania rur, dysz natrysków, sit i filców
Zmniejszenie całkowitych emisji do wody	Kłopoty z zapewnieniem higieny w produkcji bibułki tissue, papieru do kontaktu z żywnością i do zastosowań w medycynie

**Tabela 6.21: Możliwe zalety i wady domyknięcia obiegów wodnych w papierni**

Masa oraz przenosząca ją woda zawierają rozpuszczone i koloidowe substancje organiczne określane jako „śmieci anionowe” (ang.: *anionic trash*). Przy wyższych stężeniach te substancje organiczne oddziałują na retencję i formowanie wstęgi papieru, a także zwiększają zatykanie się filców prasowych oraz powodują przyklejanie się wstęgi papieru do walców maszyny. Problemy te ujawniają się bardziej wyraźnie w produkcji papierów z masy mechanicznej, ponieważ większość składników drewna jest nadal obecna w masie i częściowo przechodzą one do wody produkcyjnej. W wyrobie materiałów do pakowania żywności, produkt finalny musi być wolny od szkodliwych substancji rozpuszczonych. Wzrost temperatury w maszynie do wyrobu papieru lub tektury również wymaga regulacji, tak aby granice temperatury pracy w części mokrej, 45-55°C, nie były przekraczane. Z drugiej strony, w części sitowej maszyny papierniczej gorąca zawiesina masy jest korzystna, ponieważ lepkość wody obniża się ze wzrostem temperatury, co prowadzi do poprawy odwadnialności.

Wymagania związane z regulowaniem skutków zamykania obiegów wodnych są następujące:

- Układ wody podsitowej maszyny do wyrobu papieru lub tektury nie otrzymuje wody ze zintegrowanych oddziałów produkujących masy włókniste lub z równolegle pracujących maszyn papierniczych. Rozdzielenie obiegów wodnych zazwyczaj wykonuje się z użyciem zagęszczarek. Kluczowe znaczenie ma tu również optymalne zaprojektowanie obiegów wodnych.
- Zawracane do obiegu wód chłodzących lub uszczelniających oraz czystych wód podsitowych, które doprowadza się do natrysków maszyny papierniczej, dla ochrony wyposażenia maszyny przed zatykaniem lub ścieraniem oczyszcza się w odpowiednim filtrze.
- Zawracane do obiegu wód uszczelniających są odpowiednio schładzane w wymienniku ciepła lub w wyniku dodatku czystej wody uzupełniającej. Jest to konieczne zwłaszcza z uwagi na funkcjonowanie pomp próżniowych ograniczające dopuszczalną temperaturę wody uszczelniającej.
- Skład (np. obecność substancji koloidowych), twardość, pH oraz temperatura zawracanych wód przeznaczonych do poszczególnych zastosowań muszą spełniać wymagania stawiane przez wyposażenie. Wskazane jest określenie rzeczywistej jakości wody, która będzie wykorzystywana.
- Masy włókniste przed ich doprowadzeniem do papierni winny być dobrze wymyte. Ma to na celu zredukowanie zawartości substancji rozpuszczonych i koloidowych. W zakładach zintegrowanych byłoby korzystne doprowadzanie masy do papierni w stężeniu powyżej 30% - zamiast typowego 2-4%; spowodowałoby to obniżenie ładunku substancji rozpuszczonych. Mogłoby to przynieść pozytywny efekt wyrażający się spadkiem zużycia dodatków chemicznych dla papieru, takich jak: siarczan glinu, polimer syntetyczny lub skrobia; a także środków pomocniczych dla maszyny, takich jak: chemikalia myjące, środki śluzobójcze, biocydy.
- Dobór dodatków chemicznych dla papieru oraz środków pomocniczych dla maszyny musi zostać ponownie oceniony w sytuacji, gdy stosuje się zasady zamykania obiegu. Niektóre chemikalia zachowują się odmiennie w zmienionym środowisku chemicznym.
- Monitorowanie strumieni wody zawróconej do obiegu za pomocą przepływomierzy oraz jej kontrola laboratoryjna są korzystne oraz pozwalają na uniknięcie przekroczenia docelowych wartości jakościowych.

**Możliwość zastosowania i charakterystyka metody:** Techniki zintegrowane z procesem. Te rozwiązania mogą być zastosowane zarówno w nowych, jak i w istniejących papierniach. Jednakże istniejące papiernie potrzebują zwykle wiele lat dla wdrożenia większości tych usprawnień. Wymagany poziom techniki waha się dla poszczególnych przypadków, a kluczowymi parametrami są: rodzaj maszyny, produkt (lub produkty), a także stopień zamknięcia obiegu. Najłagodniejsze wymagania odnoszą się do produkcji papierów pakowych z mas niebielonych, stają się one surowe dla produkcji wysokogatunkowych rodzajów papieru, takich jak niepowlekanie papiery bezdrzewne do drukowania i pisanie.

Podwyższone stężenia substancji rozpuszczonych i koloidowych, będące skutkiem rosnącego zawracania do obiegu wody produkcyjnej, wpływają na zwiększenie zatrzymywanie tych substancji w produkcie finalnym. Ograniczenia w tym względzie narzucają jakość produktu oraz dające się zaakceptować zużycie dodatków chemicznych w wyrobie papieru.

Natomiast w zastosowaniach wód uszczelniających i chłodzących ograniczenia stanowią: temperatura strumienia, stężenia substancji rozpuszczonych i zawiesiny cząstek stałych. Ograniczenia te można zminimalizować stosując urządzenia oczyszczające i/lub odpowiednie upusty.

Obecna technologia oferuje również mechaniczne uszczelnienia, które nie wymagają wody.

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** Te rozwiązania uważa się za integralną część działań opisanych w rozdziale 6.3.1. Wspierają one działania na rzecz osiągnięcia oraz utrzymania niskiego zużycia wody świeżej, które nie generują znaczących niepożądanych skutków.

**Monitorowanie emisji:** Celowe jest monitorowanie przepływu ścieków w punktach, w których są one odprowadzane z maszyny papierniczej. Oznaczenia w ciągu zawiesiny ciał stałych oraz mętności są ważnymi wskaźnikami wartości szczytowych. W zewnętrznej oczyszczalni ścieków przynajmniej temperatura winna być monitorowana.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** Sterowanie wodą odpływającą z maszyny papierniczej oraz jakością wód zawracanych do obiegu wymaga również prowadzenia kontroli oraz monitorowania procesu wytwarzania masy włóknistej. W niektórych przypadkach zapotrzebowanie na dodatki chemiczne dla papieru oraz na chemiczne środki pomocnicze dla maszyny będzie wzrastać. Rodzaj zastosowanych chemikaliów musi zostać zweryfikowany pod kątem uzyskania przez nie maksymalnej przydatności dla danego rodzaju papieru.

**Doświadczenia eksploatacyjne:** Zamykaniu obiegów towarzyszy ryzyko tworzenia się inkrustów ze związków wapnia, problemy ze śluzem oraz trudności żywiczne. Problemom tym należy skutecznie przeciwdziałać poprzez odpowiednie mieszanie frakcji wody, regulację pH, zwiększone dozowanie środków pomocniczych dla maszyny lub należyte usuwanie soli wapnia z układu (patrz 5.3.4).

Działanie maszyny w temperaturze powyżej 50°C powoduje zahamowanie wzrostu oraz osłabienie aktywności mikroorganizmów. Może jednak w dalszym ciągu występować aktywność bakterii beztlenowych (anaerobowe bakterie termofilne). Tworzą one w środowisku bogatym w związki siarki i węglowodany przykry zapach, któremu należy przeciwdziałać.

Optymalizacja procesu produkcji poprzez wdrożenie powyższych rozwiązań jest zazwyczaj, w przypadku istniejących papierni, dokonywana stopniowo w dłuższym okresie czasu. Sukces w zastosowaniu wdrażanej technologii zależy od opanowania chemii części mokrej. W niektórych papierniach problem ten rozwiązuje się poprzez dodatek większej ilości chemikaliów. Wybór odpowiednich chemikaliów i dodatków, a także ich kombinacji, dokonuje się według skomplikowanej procedury, często nie do końca zrozumiałej, jednak koniecznej dla uzyskania płynności ruchowej, obniżenia kosztów oraz zminimalizowania niekorzystnego oddziaływania na środowisko.

Ekonomicznie zasadna produkcja papieru z częściowo zamkniętym obiegiem wód została z powodzeniem wdrożona w licznych papierniach nawet dla maszyn pracujących z wysokimi prędkościami. Dzięki zastosowaniu oczyszczania wód w układach o wzmożonej recyrkulacji (patrz rozdziały 6.3.3 oraz 5.3.4 i 5.3.8) pewne problemy zostały wyeliminowane, sterowanie pracą maszyny za pomocą chemikaliów zostało uproszczone, jednak w niektórych przypadkach dochodzą do głosu inne problemy niemające dotychczas większego znaczenia.

**Aspekty ekonomiczne:** Wydatki zależą głównie od stanu danej papierni. Koszty działań zaradczych zależą od liczby i charakteru niezbędnych modernizacji, a także od rodzaju dodatkowych potrzebnych instalacji. Brak jest dostępnych danych mówiących o kosztach jednostkowych.

**Cel wdrożenia:** Wzmożona recyrkulacja wody produkcyjnej w papierniach może nieść niepożądane skutki dla płynności ruchowej maszyny papierniczej oraz dla jakości produktu finalnego. Potencjalnie negatywne skutki wymagają opanowania, jeśli papiernie mają na celu osiągnięcie lub utrzymanie niskiego zużycia wody.

**Przykładowe zakłady:** Liczne papiernie w Europie.

**Bibliografia:** [CEPI, 1998 b], [Italian Comments]

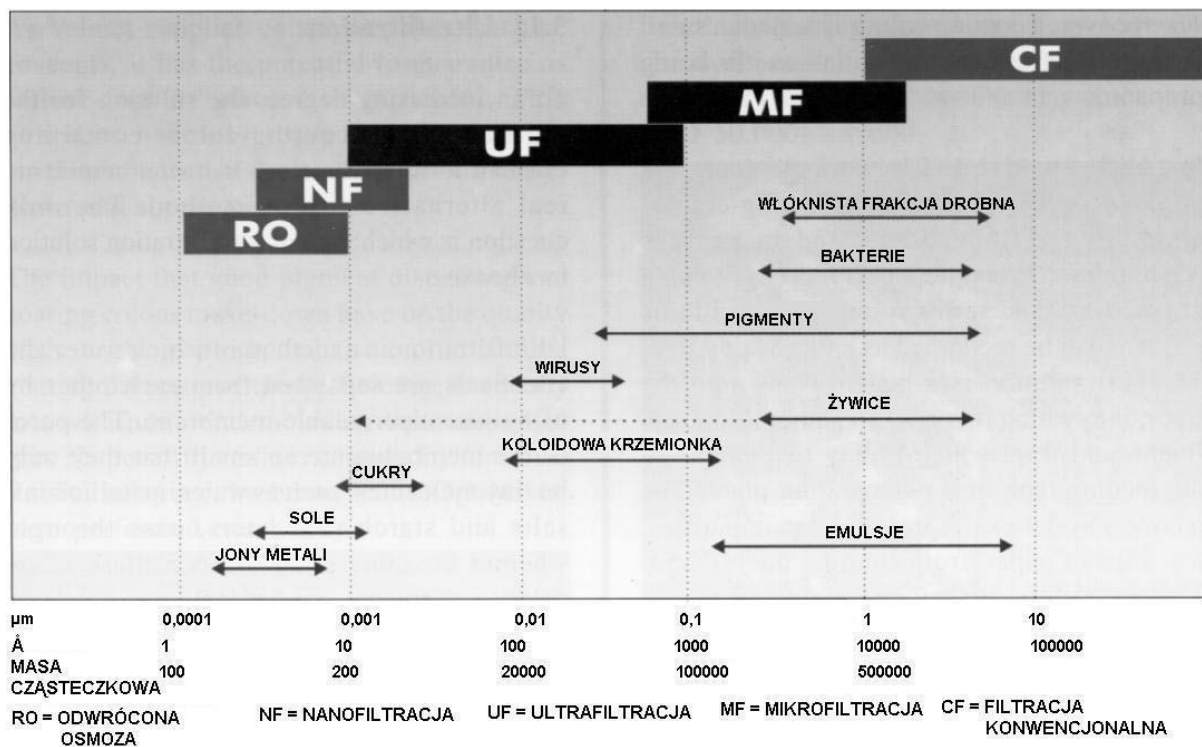
### **6.3.3 Wewnętrzne oczyszczanie wody podsitowej z użyciem filtracji membranowej i zwracanie do obiegu oczyszczonej wody produkcyjnej**

Technika filtracji membranowej może być zastosowana w różnych papierniach, łącznie z papierniami stosującymi głównie włókna wtórne. Jednakże do chwili obecnej brak zastosowań w pełnej skali dla papierni przerabiających włókna odzyskane. Biologiczne oczyszczanie w ciągu wody produkcyjnej jest opcją dla papierów z mas niebielonych („papierów brązowych”) produkowanych z włókien wtórnych (patrz rozdział 5.3.4).

Jakkolwiek technika opisana w tym punkcie jest taka sama, jak ta w paragrafie 6.3.5, to jednak zastosowanie jej jest znacząco różne.

**Opis techniki:** Konwencjonalna filtracja nie pozwala na wystarczające usuwanie cząstek stałych i substancji koloidowych o wymiarze czynnym poniżej 1 mikrometra. Tak więc niewielkie bakterie i koloidy przenikają przez materiał filtracyjny. Dotyczy to jedynie nie sflokulowanych drobin i koloidów. Za pomocą flokulacji mogą one również być przekształcone do postaci flokuł o wymiarach rzędu 100-1000 mikrometrów, a następnie z łatwością oddzielone na drodze filtracji. Dodatek flokulantów może powodować wprowadzanie do układu wodnego niepożądanych soli (nowoczesne flokulanty syntetyczne nie wprowadzają znaczącego ładunku soli).

Zależnie od zastosowanej membrany i wielkości oddzielanych przez nią cząstek (odpowiadającej przybliżonej „masie cząsteczkowej” usuwanych związków organicznych) oraz od ciśnienia filtracji, technologie membranowe mogą usunąć prawie 100% substancji organicznej (patrz rys. 6.11) bez wprowadzania niepożądanych związków do obiegów wodnych.



**Rysunek 6.11: Zakresy filtracji różnych technologii filtracyjnych**

Stosownie do różnic w wielkości porów można wyróżnić następujące procesy membranowe:

- Mikrofiltracja, która działa przy ciśnieniu poniżej 1 bara i wykorzystuje membrany o wielkości porów 0,1-0,2 mikrometra, może być zastosowana tam, gdzie po oczyszczeniu zawartość 1-5 mg/l bardzo drobnych cząstek stałych jest do zaakceptowania. Obecnie w Europie istnieje jedno zastosowanie w skali przemysłowej tej technologii dla papierni.
- Ultrafiltracja działa przy różnicy ciśnień 1-2 barów, a jest brana pod uwagę jako ewentualne rozwiązanie dla usuwania w 100% resztek substancji stałych i koloidów oraz polimerów organicznych z wód produkcyjnych celulozowni i papierni lub ze strumieni ich ścieków. W Europie istnieje kilka instalacji ultrafiltracyjnych (UF) w skali przemysłowej stosowanych do oczyszczania wody podstępnej.
- Nanofiltracja (NF) lub osmoza odwrócona (RO) stosują ciśnienia dochodzące do 15-25 barów. W chwili obecnej metod tych (RO) nie uważa się za możliwe do zastosowania w skali przemysłowej w przemyśle celulozowo-papierniczym w Europie (funkcjonuje jedna instalacja, w pełnej skali przemysłowej, zlokalizowana na wielkiej pustyni w północno-zachodniej części stanu Nowy Meksyk w USA).

Jakikolwiek rodzaj filtracji membranowej nie toleruje nagłych zmian stężenia zawiesin. Układ należy zabezpieczyć filtrem ochronnym, pozwala on na uniknięcie wpływu na filtrację nagłych zmian stężenia zawiesin - o ile cząstki ciał stałych w zawieszynie są jednorodne.

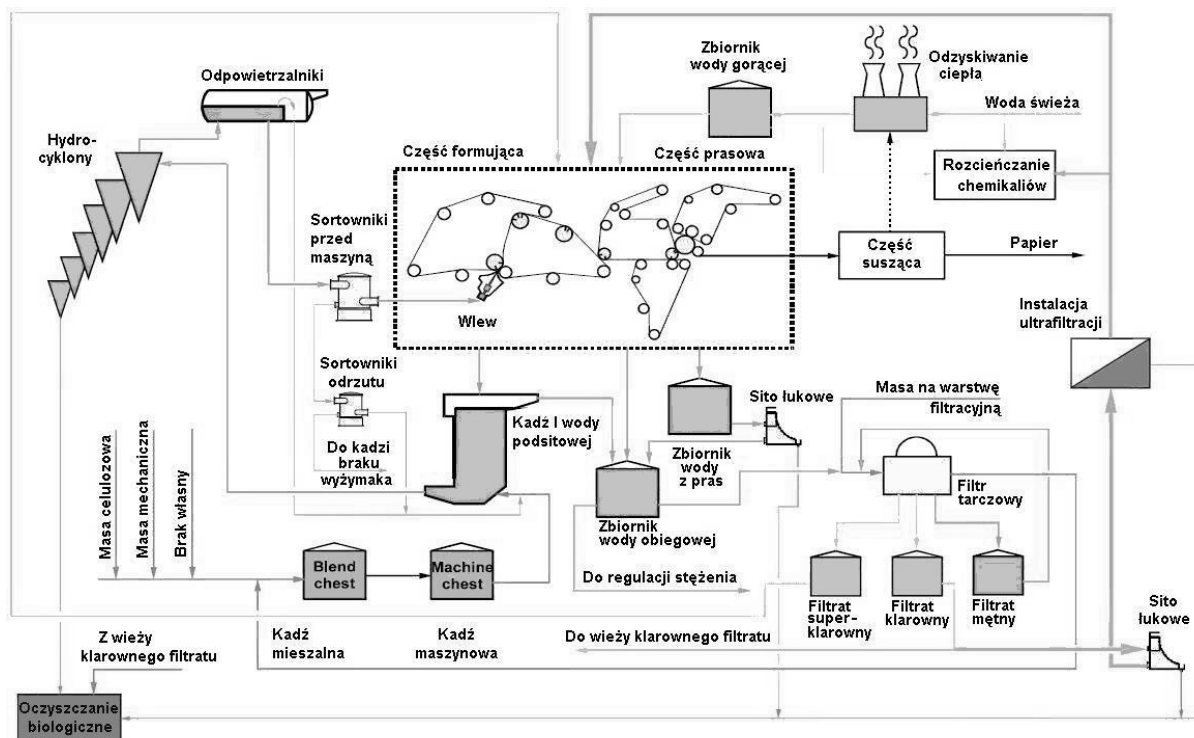
W odniesieniu do papierni kluczowe zagadnienia mające wpływ na wybór technologii membranowej są następujące:

- Strumień na wejściu, jego skład i obciążenie hydrauliczne, z uwzględnieniem działania w warunkach obciążenia maksymalnego.
- Wymagana ilość i jakość wody czystej oraz możliwość dodatkowej jej obróbki po filtracji w zmieniających się warunkach działania, dla dostosowania jej parametrów do wymagań końcowych zastosowań oraz z uwzględnieniem wpływu na jakość masy włóknistej i papieru.

- Metodami filtracji wysokociśnieniowej uzyskiwana jest woda o wysokiej czystości. Metody te zużywają więcej energii elektrycznej, gabaryty urządzeń są znacznie większe lub wymagają dodatkowego wyposażenia gwarantującego sprawniejsze oczyszczanie wstępne (wymagania te podyktowane koniecznością zapewnienia ochrony przed zatykaniem).
- Wymagania eksploatacyjne urządzeń (symetryczna lub asymetryczna struktura membrany, przemywanie roztworami kwasów lub zasad, pojemność zapasowa, oczyszczanie automatyczne lub ciągle). Membrany symetryczne wykazują wyższą tendencję do zatykania się. Utrzymywanie burzliwych warunków przepływu w pobliżu ściany membrany pozwala uniknąć zatykania - jest to jednak proces bardziej energochłonny.
- Końcowe oczyszczanie i usuwanie koncentratu lub szlamu, który w większości przypadków jest odpadem. Odpad ciekły może być na tyle stężony, by oddziaływać w sposób toksyczny na złoża biologiczne zewnętrznej oczyszczalni ścieków. Może on wymagać dalszego zateżnienia, ewentualnie absorpcji na paliwie stałym w celu utylizacji przez spalanie. W koncentracie niektóre sole nieorganiczne powodują korozję, co należy wziąć pod uwagę przy doborze wyposażenia i materiału na rurociągi.

Uwzględniając powyższe aspekty, ultrafiltracja (UF) może być zastosowana niczym nerka dla usunięcia substancji przeszkadzających, a obecnych w wodzie podsitowej, po to aby umożliwić dalsze domknięcie układu wodnego.

Dla oczyszczania wody podsitowej takie nerki mogą składać się z filtru tarczowego, sit łukowych oraz układu UF. Wstępnie przefiltrowana woda podsitowa jest przesyłana rurociągiem do układu UF, zasila zbiornik i jest pompowana do jednostki UF. Liczba zastosowanych filtrów reguluje wydajność czystego filtratu UF. Różnica ciśnień jest utrzymywana na tak niskim poziomie jak to możliwe - przykładowo do 0,7-0,8 bara. Jakość filtratu z UF jest wystarczająca do zastosowania go jako, na przykład wody do natrysków, wody uszczelniającej, a także jako wody do rozcieńczania środków pomocniczych dla maszyny papierniczej. Koncentrat z tych filtrów może być przepompowany do głównego oczyszczania ścieków. Możliwe rozmieszczenie urządzeń w papierni stosującej ultrafiltrację do oczyszczania wody podsitowej pokazano na rys. 6.12.



**Rysunek 6.12: Uproszczony schemat papierni stosującej ultrafiltrację do oczyszczania wody podsitowej.**

**Możliwość zastosowania i charakterystyka metody:** Technika zintegrowana z procesem. Filtracja membranowa została zastosowana w kilku papierniach na świecie do usuwania zawiesiny ciał stałych, bakterii, koloidów, anionowych śmieci oraz polimerów organicznych z cząstkowych strumieni wody w produkcji papieru lub tektury. Oczyszczanie na drodze filtracji membranowej (UF) nadmiaru wody podsitowej jest zazwyczaj stosowane tylko w specjalnych przypadkach.

Dla bardziej stężonej wody produkcyjnej z papierni, jak np. z produkcji papieru z włókien niebielonych z odzyskanych makulatury, zastosowanie biologicznego oczyszczania w ciągu wody obiegowej i następnie filtru piaskowego jest opcją możliwą do zastosowania, opisano ją w paragrafie 5.3.4. W fazie rozwojowej znajdują się układy łączone, tzw. bioreaktory membranowe, opisane w 5.5.2. W zastosowaniach specjalnych, takich jak odzyskiwanie chemikaliów do powlekania ze ścieków z powlekarńki w ciągu maszyny papierniczej, technologia membranowa (UF) jest już technologią sprawdzoną, odnotowano już kilka zastosowań (patrz paragraf 6.3.5). W kategoriach ogólnych, zamykanie obiegu wodnego w maszynie papierniczej z własnym usuwaniem rozpuszczonych składników organicznych lub nieorganicznych - to technika, która jest nadal przedmiotem prac badawczo-rozwojowych. Nie ma ona tak dobrej wyrobionej pozycji jak na przykład oczyszczanie biologiczne.

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** Sprawność usuwania związków organicznych przez membrany UF zależy od konkretnych warunków a docelowe poziomy oczyszczania są narzucane przez poziomy zanieczyszczeń dopuszczalne w układzie maszyny papierniczej, jak również przez konkretne zastosowania oczyszczonej wody zawracanej do obiegu.

Oprócz częściowego usunięcia związków organicznych inne filtry membranowe z mniejszymi wymiarami porów (do nanofiltracji lub osmozy odwróconej) mogą usuwać również substancje nieorganiczne. Wielkość takiego układu oczyszczania oraz wymagane przezeń ciśnienie i zużycie energii rosną w tempie wykładniczym wraz ze wzrostem skuteczności usuwania niskocząsteczkowych związków organicznych lub soli.

Ultrafiltracja (UF) w zastosowaniach do wody podsitowej oznacza przeważnie oczyszczanie klarownych filtratów i/lub części mętnych filtratów z filtra tarczowego. Praktycznie rzecz biorąc, membrany UF usuwają 100% zawiesiny ogólnej, 99% bakterii, 100% mętności (całość substancji koloidowych zostaje usunięta), 45-70% anionowości. ChZT przesącza maleje o około 10-20%, co oznacza, że proces UF pozwala jednak przeniknąć części substancji organicznych (np. związkom organicznym o niskiej masie cząsteczkowej) oraz części rozpuszczalnych substancji nieorganicznych. Przede wszystkim proces UF zastosowany do wody podsitowej nadaje lepszą jakość wodzie zawracanej do obiegu, która może być użyta do natrysków nisko- i wysoko-ciśnieniowych w części sitowej jako woda do rozcieńczania chemikaliów, w części prasowej jako woda smarująca, a także do innych zastosowań w myciu lub czyszczeniu. Dotychczas brakuje doświadczeń, które by pozwoliły odpowiedzieć na pytanie: czy ten filtrat mógłby być użyty również do czyszczenia filców?

Ewentualne obniżenie zużycia wody może pośrednio prowadzić do obniżenia ładunku odprowadzanych pożywek (azot i fosfor), ponieważ całkowite emisje N oraz P są determinowane przez minimalne ich stężenia, które są wymagane dla wzrostu biomasy w biologicznych oczyszczalniach ścieków.

Koncentrat z filtracji membranowej, stanowiący 3-5% zasilania, jest odprowadzany do oczyszczalni biologicznej lub utylizowany poprzez spalanie. Ten ostatni sposób potrzebowałby zateżenia przed spalaniem, co w przypadku odparowywania wymaga wyeliminowania emisji lotnych substancji organicznych. Możliwe jest również spopielanie w dodatkowym kotle koncentratu z filtracji zmieszanego z typowym paliwem, zależy ono od rodzaju kotła i od układu zasilania go paliwem.

W zastosowaniach procesu UF w pełnej skali w Europie (Finlandia) koncentrat ten jest dalej kierowany do biologicznej oczyszczalni ścieków. Nie osiąga się wówczas obniżenia całkowitego ładunku zanieczyszczeń odprowadzanego do odbiornika. Nadal prowadzi się badania poświęcone oddzielnemu traktowaniu koncentratu z filtracji (np. na drodze łączenia procesu UF z innymi technikami), a także wykorzystaniem filtratu do innych celów np. w miejsce wody świeżej (przykładowo w wysoko-ciśnieniowych natryskach w części prasowej).

**Monitorowanie emisji:** Monitorowanie omawiane jest w oddzielnym rozdziale.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** Zapotrzebowanie ultrafiltracji na energię elektryczną wynosi ok. 2,6 kWh/m<sup>3</sup> oczyszczanej wody podsitowej - dla pomp na pokonanie różnicy ciśnień. Brak jest dostępnych danych pozwalających na porównanie skuteczności środowiskowych typowych układów z osadem czynnym ze skutecznością układu stosującego proces UF zintegrowany z biologicznym oczyszczaniem koncentratów powstających w procesie UF. Dla filtracji membranowej przełomowe znaczenie ma rozwiązanie problemu traktowania powstających w niej odpadów ciekłych lub stałych.

**Doświadczenia eksploatacyjne:** Procesy oczyszczania membranowego zastosowane specjalnie do wody podsitowej maszyn wyrabiających papier lub tekturę zostały wypróbowane w pełnej skali tylko w nielicznych przypadkach. W Europie takie zastosowania w skali przemysłowej, jak dotąd, wdrożono w następujących zakładach:

- Papiernia Metsä-Serla Kirkniemi w Finlandii; oczyszczanie wody podsitowej klarowanej w wyławiaczu włókien, otrzymany filtrat zużywa się jako wodę do niskociśnieniowych natrysków w części sitowej (zamiast klarownego filtratu).
- Papiernia Stora Uetersen w Niemczech; oczyszczanie wody podsitowej z maszyny papierniczej.
- Wytwórnia tektury Rottneros w Szwecji; oddzielanie zawiesiny ciał stałych przed zagęszczeniem na drodze odparowania.

Występujące w praktyce ograniczenia filtrów membranowych wynikają zazwyczaj z samego materiału membrany, który jest wrażliwy na zatykanie porów. Przydatność filtrów membranowych będzie ograniczona, dopóki nie wyposażą się ich w zespoły wstępnego oczyszczania - dla usuwania zawiesiny ciał stałych albo we wbudowane układy, które zapewnią oczyszczanie lub utrzymają przepływ burzliwy w pobliżu powierzchni membrany. Wymagane jest regularne przemywanie filtrów roztworami kwasów lub zasad (NaOH, detergenty, tensydy), w wyniku czego powstają małe ilości ciekłego odpadu. Gdy strumień filtratu słabnie, jest to znak, że membrany muszą być wymienione na nowe, co okresowo należy czynić (czas pracy membrany wynosi około 15 miesięcy).

**Aspekty ekonomiczne:** Dla filtracji membranowej wody podsitowej koszty inwestycyjne wynosiłyby około 0,3 euro/m<sup>3</sup> (dla oczyszczania w ciągu doby 5000 m<sup>3</sup> wody podsitowej). Koszty obsługi oraz utrzymania ruchu (wymiana membrany i godziny robocizny) wynoszą ok. 0,05 euro/m<sup>3</sup>, koszty energii około 0,07 euro/m<sup>3</sup>, chemikalia przemywające 0,02 euro/m<sup>3</sup>. Całkowite koszty eksploatacyjne to w przybliżeniu ok. 0,14 euro/m<sup>3</sup>.

**Cel wdrożenia:** Technika ta może znaleźć zastosowanie przede wszystkim w zakładach, które muszą stawić czoła surowym wymaganiom względem emisji, ponieważ są usytuowane w pobliżu odbiornika wodnego wrażliwego na jakość ścieków, ewentualnie zamierzają one dokonać znaczącego zwiększenia swej zdolności produkcyjnej. W tym drugim przypadku władze niektórych krajów europejskich nakazują, by ładunek ścieków nie wzrastał wraz ze zwiększeniem zdolności produkcyjnej. Zazwyczaj pionierzy, którzy osiągnęli dużo niższą emisję z użyciem nowych technologii, stosują „konceptję zielonej fabryki” jako fragment ich filozofii marketingowej. Ponadto techniki membranowe mogą również znaleźć zastosowanie wszędzie tam, gdzie dostępność wody jest niewystarczająca.

Ultrafiltracja wody podsitowej może również skrócić czas postojów maszyny papierniczej, powodowanych przez konieczność wymycia substancji zgromadzonych w zawracanym do obiegu klarownym filtracie.

**Przykładowe zakłady:**

Papiernia Metsä-Serla Kirkiniemi w Finlandii (papier do drukowania czasopism ilustrowanych oraz bezdrzewny papier drukowy niepowlekany), papiernia Stora Uetersen w Niemczech, wytwórnia tektury Rottneros w Szwecji, papiernia McKinley Paper Co. (papier na warstwę płaską tektury falistej) w stanie Nowy Meksyk, USA.

**Bibliografia:** [Teppler, 1996], [Bentley, 1999]

### 6.3.4 Obniżanie strat włókien i wypełniacza

Dotyczy wszystkich rodzajów papieru z wyjątkiem bibułki tissue. Odzyskiwanie wypełniacza i włóknistej frakcji drobnej pozostaje bez związku z produkcją bibułki tissue, ponieważ nie mogą być one użyte do wyrobu tejże bibułki, a więc zostają usuwane w procesie przygotowania masy. Działania opisane w paragrafie 6.3.5 również znacząco przyczyniają się do obniżania strat substancji wartościowych dla powlekanych rodzajów papieru.

**Opis techniki:** Gospodarka odpadami, rozumiana w kategoriach skutecznego odzyskiwania włókna w produkcji papieru lub tektury, jest ważna, ponieważ w przypadku produkcji z włókna pierwotnego zazwyczaj ponad 98% masy włóknistej przechodzącej przez układ przygotowania masy dla maszyn wyrabiających papier lub tekturę, trafia do produktu finalnego. Użyte masy celulozowe lub mechaniczne już przed układem przygotowania masy dla maszyny papierniczej winny gwarantować jej wysoką jakość. W maszynach do wyrobu papieru i tektury gospodarka odpadami jest zaangażowana głównie w:

- sortowanie i oczyszczanie w przygotowaniu masy,
- wyławiacze włókna w części mokrej,
- przerób braku własnego z części mokrej i z suchej.

Po części do gospodarki włóknem odnoszą się również działania podejmowane dla osiągnięcia obniżonego zużycia wody oraz domknięcia obiegów wodnych. Przez postęp w domykaniu obiegów wodnych w większości przypadków uzyskuje się również obniżoną emisję substancji organicznych z papierni.

Odrzuty z sortowania i oczyszczania, pochodzące z przygotowania masy dla maszyn do wyrobu papieru lub tektury, w papierniach zintegrowanych winny być zawrócone do działu wyrobu masy włóknistej, gdzie dokona się ich ponownego przerobu, a masa dobra trafi ostatecznie z powrotem do maszyny formującej i znajdzie się w produkcie finalnym. Skuteczne sortowanie i oczyszczanie masy przed maszyną papierniczą obejmuje procesy w sortownikach ciśnieniowych rozmieszczonych kaskadowo, a także w kilku stopniach hydrocyklonów.

W maszynach do wyrobu papieru i tektury odzyskiwanie włókna i wypełniacza ma znaczenie również w kategoriach zmniejszania zawiesiny ciał stałych.

Gdy zawiesina masy zostanie wprowadzona poprzez wlew na sito maszyny papierniczej, rozpoczyna się proces formowania. W pierwszym stadium formowania dość duża ilość włókien i cząstek wypełniacza nie zatrzymuje się we wstędze, lecz przedostaje się wraz z wodą do kadzi wody obiegowej, znajdującej się pod maszyną (patrz rysunek 6.1). W krótkim obiegu większość tej wody zawracana jest bez oczyszczania. Oczyszczanie nadmiaru wody, polegające na oddzieleniu cząstek stałych, prowadzi się w wyławiaczach włókien, zwykle filtry bębnowym lub tarczowym czy też zespołach flotacji z rozpuszczonym powietrzem. Cząstki stałe zbiera się i zawraca do kadzi zasilających maszynę papierniczą. Woda sklarowana, zwana wodą podsitową, zazwyczaj zbierana jest w postaci frakcji czystej oraz mętnej, i zawracana do odpowiednich zastosowań w maszynie papierniczej: rozcieńczanie masy w układzie przygotowania masy dla maszyny, rozcieńczanie braku własnego, natryski maszyny papierniczej. W zintegrowanych papierniach nadmiar wody podsitowej jest najczęściej wykorzystywany w procesie wytwarzania masy włóknistej lub, jeśli jest ona do przyjęcia, w równoległe działających maszynach wyrabiających papier lub tekturę, natomiast w papierniach niezintegrowanych jest ona odprowadzana do ścieków.

W przypadku odzyskiwania włókna i wypełniacza z maszyn papierniczych za pomocą urządzenia do wyławiania włókien, filtr tarczowy jest w większości przypadków skutecznym rozwiązaniem zapewniającym osiągnięcie wysokiego ich odzysku. W nowoczesnych papierniach często stosuje się urządzenie z wstępną warstwą filtracyjną, które wykorzystuje niewielkie ilości masy osadzone na powierzchni filtrującej w celu poprawy sprawności filtracji oraz odzysku cząstek stałych. Taki filtr pracuje w sposób okresowy, ale usunięcie zatrzymanych cząstek stałych i regeneracja wstępnej warstwy filtrującej zabiera niewiele czasu.

Filtr tarczowy umożliwia skuteczny rozdział wody podsitowej na części czystą i mętną. W papierniach o domkniętych obiegach może być wydzielona nawet super-czysta frakcja dla szczególnych zastosowań. Taki super klarowny filtrat z filtra tarczowego może zawierać 10-20 mg/l zawiesiny cząstek stałych, a filtrat klarowny 20-50 mg/l cząstek stałych, dla porównania filtraty z filtrów konwencjonalnych zawierają ponad 50 mg/l zawiesiny. Klarowny filtrat może być zastosowany do natrysków w części mokrej, zmniejszając w ten sposób zużycie wody świeżej. Reszta frakcji czystej oraz filtrat mętny mogą być wykorzystane do rozcieńczania masy przed wlewem, w tak zwanym krótkim obiegu lub do rozcieńczania braku własnego, a w papierniach zintegrowanych w procesie wytwarzania masy włóknistej. Tak więc zależnie od sytuacji po wdrożeniu działań usprawniających nawet 10-20 kg masy papierniczej/ADt (i dodatkowo wypełniaczy, jeśli były stosowane) zawraca się do strumienia zasilającego maszynę. Równoważna ilość masy, bez wdrożenia powyższych działań, byłaby odprowadzana do ścieków wraz z nadmiarem wody podsitowej.

Zarówno w maszynie papierniczej, jak i przed nią stosowane są inne metody obniżenia strat włókna i wypełniacza:

- Wyregulowanie rafinowania i sortowania masy, jeszcze przed zasilaniem maszyny, w taki sposób, by utrzymać należyte proporcje między różnymi rodzajami włókien w masie. Intensywne rafinowanie zwiększa udział krótkich włókien, które z kolei mogą być usunięte jako odrzut w procesie sortowania. W papierniach zintegrowanych niektóre frakcje odrzutów mogą być zawrócone do oddziały wytwarzania masy.
- Skuteczna regulacja wlewu maszyny papierniczej - w celu zapewnienia formowania jednorodnej wstęgi papieru na całej szerokości maszyny.
- Wystarczające użycie dodatków chemicznych dla papieru oraz chemicznych środków pomocniczych dla maszyny, wraz z nowoczesnym systemem sterowania - aby osiągnąć ulepszoną retencję włókna na sicie oraz dobre przezrocze wstęgi papieru. Jednakże należy unikać przedawkowania.

Pojemności magazynowe kadzi braku własnego i wody podsitowej wywierają wpływ na gospodarkę odpadową i wodną. Wymiary kadzi winny pozwalać na zmagazynowanie w nich braku własnego odpowiadającego co najmniej 2-3 godzinnemu przepływowi strumienia zasilającego maszynę. Pozwala ona na odzyskanie frakcji o wysokiej zawartości włókna. Zmniejsza to częstotliwość oraz czas trwania nagłych, maksymalnych stężeń włókna lub przelewów do ścieków spowodowanych przyczynami hydraulicznymi. W maszynach papierniczych produkujących papiery powlekane brak własny gromadzony za powlekkarką należy mieszać z masą świeżą i brakiem z części mokrej. Proporcje tych mas powinny umożliwić kontrolę ilości frakcji drobnej substancji stałych doprowadzanych do części mokrej maszyny papierniczej.

**Możliwość zastosowania i charakterystyka metody:** Techniki zintegrowane z procesem. Wymienione techniki mogą być zastosowane zarówno w istniejących, jak i nowych zakładach. Jednakże w starszych papierniach struktura pomieszczeń maszyny papierniczej może stwarzać ograniczenia dla przebudowy wynikające z braku miejsca lub z niemożliwości rozplanowania.

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** Całkowite straty substancji stałej w maszynie papierniczej, w odrzutach z przygotowania masy dla maszyny, w nadmiarze wody podsitowej odprowadzanym do ścieków, w części prasowej maszyny, a także w przelewach masy ze zbiorników - w przeliczeniu na suchą substancję stałą wynoszą do 10 do 100 kg/ADt. W lepiej funkcjonujących papierniach straty osiągają wartości 10-20 kg/ADt (to jest 1-2%) dla wielu rodzajów papieru. Straty w niektórych istniejących liniach produkujących papiery na warstwę płaską i pofalowaną lub papiery specjalne przekraczają poziom 50 kg/ADt.

Wprowadzenie, w istniejącej papierni produkującej w ciągu doby 1000 ADt papierów drukowych, odzyskiwania substancji stałych rzędu 10-20 kg/ADt oznacza, że ładunek zanieczyszczeń stałych nie będzie kierowany do wstępnego oczyszczania ścieków i nie trafi do usuwanego osadu.

Obniżenie emisji substancji stałych, na poziomie wspomnianym wyżej, jedynie nieznacznie zmniejszy ładunek zanieczyszczeń organicznych oznaczany jako ChZT lub BZT<sub>5</sub>. Należy pamiętać, że wyższe wartości ładunku ChZT oraz BZT<sub>5</sub> odprowadza się ze ściekami z produkcji papierów z mas wysokowydajnych.

**Monitorowanie emisji:** Ważne jest kontrolowanie poziomu w kadziach wody podsitowej i braku własnego. Odprowadzanie ścieków z papierni wyposażonych w przepływomierz i miernik mętności pozwala na rejestrację nagłych wzrostów stężenia cząstek stałych w ściekach.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** Dzięki obniżeniu emisji zawiesiny ciał stałych poprawia się działanie zewnętrznej oczyszczalni ścieków. Mniej osadu powstaje we wstępnym oczyszczaniu ścieków. Odzyskane włókna i cząstki wypełniacza pozostają w produkcie finalnym, więc nie trzeba się nimi zajmować jako odpadami. Wyższy stopień odzyskania włókna i wypełniaczy należy również rozważać w kontekście oszczędności surowców i energii niezbędnych dla wytworzenia tych materiałów.

**Doświadczenia eksploatacyjne:** Rozwiązania te wdraża się w wielu papierniach bez jakichkolwiek problemów. Na ogół pod uwagę brane są dwa rozwiązania: dobre procesy jednostkowe lub bardziej dokładne sterowanie procesami i automatyczne monitorowanie operacji jednostkowych.

**Aspekty ekonomiczne:** Brak dostępnych danych.

**Cel wdrożenia:** Poprawa odzysku składników masy papierniczej jest korzystna ekonomicznie ze względu na lepsze wykorzystanie surowca oraz na mniejsze ilości odpadu do usunięcia. Obniżony ładunek zanieczyszczeń stałych odprowadzanych do zewnętrznej oczyszczalni oraz sprowadzanie do minimum emisji zawiesiny ciał stałych do odbiornika wodnego mogą również stanowić motywację do wdrożenia rozwiązań, których celem jest odzyskiwanie włókien lub zapobieganie przelewom.

**Przykładowe zakłady:** Liczne papiernie w Europie.

**Bibliografia:** [CEPI, 1998b]

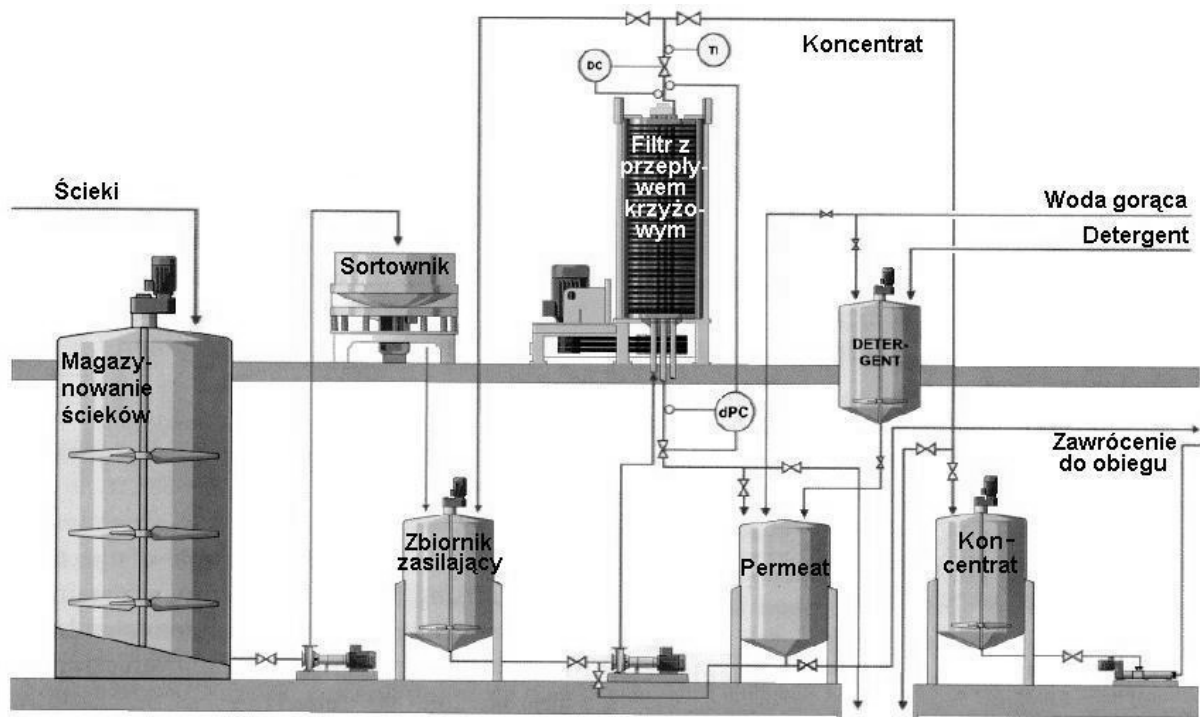
### 6.3.5 Odzyskiwanie i zawracanie ścieków zawierających mieszanki powlekające

To rozwiązanie może być zastosowane zamiennie z techniką BAT opisaną w paragrafie 6.3.6. Wskazane byłoby zastosowanie technologii membranowej, ponieważ oferuje ona możliwość ponownego użycia składników mieszanki powlekającej.

**Opis techniki:** Papiernie produkujące papiery powlekane wytwarzają niewielki pod względem hydraulicznym przepływ ścieków (około 2-5% całkowitego przepływu), który jest bogaty w pigmenty i substancje wiążące (patrz 6.3.6). Zawarty w tym strumieniu wysoki ładunek zanieczyszczeń stałych oraz z natury kleiste substancje mogłyby wywoływać problemy w działaniu zewnętrznej oczyszczalni ścieków, gdyby te ścieki zostały odprowadzone bez odpowiedniego oczyszczenia wstępnego. Z drugiej strony pigmenty są kosztowne, tak więc jest ekonomicznie uzasadnione odzyskiwanie części mieszanki powlekającej w celu ponownego jej zastosowania oraz dla oszczędniejszego funkcjonowania kuchni mieszanek powlekających.

Poprawna z ekologicznego punktu widzenia gospodarka strumieniem ścieków z powlekania obejmuje:

- Minimum emisji odprowadzanych z powlekania do kanału ściekowego. Zapewnienie efektywnej produkcji oraz optymalnej receptury przygotowywanych mieszanek powlekających, zwłaszcza wówczas, gdy zmiany rodzaju produkowanego papieru wymagają zmiany składu mieszanki powlekającej. Znaczącymi czynnikami są tu utrwalone nawyki sprawnego działania oraz dobre „gospodarowanie”.
- Optymalnie zaprojektowana kuchnia mieszanek powlekających i układy zasilania.
- Odzyskiwanie składników mieszanki na drodze ultrafiltracji ścieków z powlekania. Ultrafiltracja jest metodą, w której rozdziela się wodę od chemikaliów, stosując półprzepuszczalną membranę. Pory tej membrany są tak małe, że pozwalają na przepływ tylko niewielkim cząsteczkom, takim jak: woda, jony metali, sole, produkty degradacji skrobi; podczas gdy inne składniki mieszanki powlekającej - pigmenty i substancje wiążące - są zbyt duże by się przez nie przedostać (patrz rysunek 6.11). Ścieki wprowadzane do filtracji membranowej mają stężenie rzędu 2-4%, a powstały koncentrat 30-35%, tak więc jego dodanie do świeżej mieszanki powlekającej nie spowoduje zbytniego jej rozcieńczenia. Jak to pokazano na rysunku 6.13, kompletny układ ultrafiltracji obejmuje: filtr, niezbędne zbiorniki i rurociągi, przyrządy oraz układ sterowania.



**Rysunek 6.13: Przykład układu ultrafiltracji dla odzyskiwania mieszanek powlekających [Roitto, 1997]**

**Możliwość zastosowania i charakterystyka metody:** Zarówno w papierniach istniejących, jak i nowych można zastosować gospodarowanie niewielkimi objętościami ścieków z mieszanek powlekających oraz oddzielne gromadzenie ścieków z powlekania w celu ich odrębnego oczyszczania przy użyciu ultrafiltracji. Dla większości papierni wytwarzających papiery powlekane, takie jak: papier do drukowania czasopism ilustrowanych, papier bezdrzewny lub odmiany tektur - ultrafiltracja jest technicznie przydatna. Ale dla niektórych specjalnych rodzajów papierów powlekanych może ona być nieodpowiednia. Jeśli ilości ścieków są bardzo małe, a do tego powstają one w różnych miejscach, to stworzenie dobrego układu uzdatniania tych ścieków może być trudne. Taki problem nie występuje w papierniach zbudowanych na terenach uprzednio nie użytkowanych (ang. *greenfield mill*). Jeśli różnego rodzaju substancje do powlekania nie mieszają się ze sobą (np. duża liczba substancji różnego rodzaju stosowanych w jednym miejscu), to ich ponowne wykorzystanie może być ograniczone. Osiągane stężenia substancji stałych nie przekraczają zakresu 35-45%, co oznacza, że ponowne użycie całego koncentratu może być trudne wówczas, gdy nie ma nadmiaru wody w mieszance powlekającej. To ograniczenie może również wystąpić w przypadku zbyt dużych ilości ścieków.

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** Wyraźnie obniża się emisje do wody oraz ilość ścieków. Substancje użyte do powlekania nie tylko zostają odzyskane, ale również zawrócone do produkcji. Pojawia się przy tym także niewielki spadek zużycia wody, ponieważ filtrat może być ponownie użyty.

**Monitorowanie emisji:** Korzystny jest pomiar przepływu ścieków z powlekania w krytycznych punktach linii produkcyjnej. Dodatkowo wymaga się oceny jakości substancji do powlekania, wspartej laboratoryjnymi analizami substancji stałych, BZT<sub>5</sub> oraz ChZT.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** Obniżenie emisji ścieków z powlekania, wraz z odrębnym oczyszczaniem tychże, usprawnia działanie zewnętrznej oczyszczalni ścieków. Zależnie od udziału powłoki w produkowanym papierze powlekanym ilość odpadu stałego może być obniżona do 70%. Oznacza to znaczące oszczędności, uzależnione od kosztu składowania.

**Doświadczenia eksploatacyjne:** Zastosowanie ultrafiltracji okazało się sukcesem w wielu papierniach. Nie wskazywano negatywnych skutków wstępnego powlekania z użyciem koncentratu dla jakości powlekanych lub wielokrotnie powlekanych papierów bezdrzewnych. W produkcji papierów do drukowania czasopism ilustrowanych małe ilości koncentratu z ultrafiltracji można użyć do powlekania bez pogorszenia jakości. W wytwórniach tektury powlekanej ta odzyskana mieszanka powlekająca jest ponownie nanoszona jako powłoka spodnia. Ilość koncentratu musi być stała. Ważnymi aspektami, które należy wziąć pod uwagę, są sprawy higieny i zakażeń bakteryjnych. Czas pracy membrany może przekraczać jeden rok. Typowa częstotliwość mycia to raz na tydzień, przy czym powstaje 2-5 m<sup>3</sup> ścieków. Pozytywne wyniki zostały uzyskane, przykładowo dla membran polimerowych, przy zastosowaniu zasady przepływu krzyżowego (ang. *CR filter*).

**Aspekty ekonomiczne:** Mały zespół UF może w ciągu godziny przerobić 2000 litrów ścieku zawierającego 2% substancji stałych. Układu ten może być zastosowany w papierni zużywającej 10-50 ton mieszanki powlekającej na dobę. Koszty inwestycyjne dla tej wielkości zespołu UF wynoszą około 200-300 tysięcy euro. Nadzwyczajne oszczędności (koszty składowiska, oszczędność kosztownych mieszanek powlekających) można osiągnąć przez recykulację składników mieszanki powlekającej. W pewnych przypadkach wartość odzyskanych składników chemicznych oraz obniżone koszty składowania odpadu mogą doprowadzić do skrócenia czasu zwrotu poniesionych nakładów do 1-2 lat. Inny przykład jest następujący: koszt inwestycyjny instalacji, która jest zdolna przerobić w ciągu doby 200-400 m<sup>3</sup> ścieków z powlekania, wynosi około 0,5-1,5 miliona euro. Typowe koszty eksploatacji wynoszą w skali roku 0,1 miliona euro.

**Cel wdrożenia:** Techniki te są potrzebne dla obniżenia emisji zawiesiny cząstek stałych z papierni oraz poprawy możliwości funkcjonowania zewnętrznej oczyszczalni ścieków. Uważa się je za bardziej wskazane w porównaniu z opisanymi w paragrafie 6.3.6. Kluczowym warunkiem wdrożenia ultrafiltracji jest obniżenie kosztów składowania odpadów oraz oszczędności surowców niezbędnych do przygotowania kosztownych mieszanek powlekających. Dlatego o możliwości stosowania tych technik zasadnicze znaczenie ma możliwość odzyskania składników mieszanek powlekających oraz możliwość ich ponownego wykorzystania.

**Przykładowe zakłady:** Wytwórnia tektury Blendecques we Francji, wytwórnia tektury Assi Frövifors w Szwecji, wytwórnia tektury Cascades Djupafors w Szwecji, wytwórnia tektury Hansol Taejon w Korei Południowej, papiernia Yuen Foong Yu (drukowe papiery bezdrzewne) na Tajwanie, papiernia Metsä-Serla Kirkniemi (papiery LWC i MWC oraz bezdrzewne drukowe) w Finlandii, papiernia Metsä-Serla Äänekoski (wielokrotnie powlekane papiery bezdrzewne) w Finlandii, papiernia Enso Oulu (drukowe papiery bezdrzewne) w Finlandii, papiernia APP Pindo Deli (drukowe papiery bezdrzewne) w Indonezji, papiernia MD Papier Plattling (papiery LWC) w Niemczech, papiernia SCA Stockstadt (drukowe papiery bezdrzewne) w Niemczech, wytwórnia tektury Zhuhai S.E.Z Hongta Renheng w Chinach.

**Bibliografia:** [Roitto, 1997], [Nygard, 1997]

### 6.3.6 Oddzielne wstępne oczyszczanie ścieków z powlekania

Rozwiązanie to może być zastosowane zamiennie z techniką BAT opisaną w paragrafie 6.3.5, przy czym opisana tam technologia membranowa winna stanowić wybór bardziej wskazany, gdyż oferuje możliwość ponownego użycia składników mieszanki powlekającej.

**Opis techniki:** Składniki mieszanki powlekającej, w których dominują pigmenty oraz substancje wiążące, to kilka grup i odmian różnych substancji.

Ciekłe, barwne emisje mieszanek powlekających mogą być podzielone na dwie główne grupy ścieków:

- Nerozcieńczony nadmiar mieszanki powlekającej (stężenie substancji suchej około 50-70%) z kuchni mieszanek powlekających i z powlekarki. W przypadku zmiany produkcji oraz podczas zrywów układ należy przemyć (dyspergowanie, kadzie, pompy, rurociągi, powlekarka). Ponadto przygotowane porcje mieszanek powlekających mogą być w całości wykorzystane - reszta mieszanek musi zostać wymyta. Stężony odpad może być zbierany w zbiornikach lub ruchomych pojemnikach przeznaczonych do usuwania odpadu stałego.
- Rozcieńczone składniki mieszanki powlekającej obecne w wodach z przemywania zbiorników, itp. Zawartość substancji suchej w tego rodzaju rozcieńczonych ściekach zazwyczaj wynosi 2-4%. Jeśli odprowadzi się je do oczyszczalni ścieków, to nagle trzeba będzie usunąć wysoki ładunek zanieczyszczeń organicznych (wartości ChZT powyżej 10 000 mg/l, do 100 000 mg/l). Rozcieńczone przelewy gromadzi się w zbiornikach i wstępnie oczyszcza przed odprowadzeniem do zewnętrznej oczyszczalni ścieków.

Jeżeli nie oczyszcza się ścieków z powlekania przed oczyszczaniem biologicznym to mogą one niekorzystnie oddziaływać na pracę oczyszczalni ścieków, powodując trudności już we wstępnym wytrącaniu osadów, a następnie w fazie oczyszczania biologicznego.

Typowy układ wstępnego oczyszczania przedstawia się następująco:

Ścieki magazynuje się w zbiorniku wyrównawczym, a następnie sortuje się je (etap sortowania) i przepompowuje do chemicznego wytrącania. Chemikalia dozuje się do zespołu intensywnego mieszania, stosując jako chemikalia strącające siarczan glinu oraz polichlorki glinu. Polielektrolity wprowadza się jako środki pomocnicze dla flokulacji do zbiorników flokulacyjnych. Sflokulowane ścieki wprowadzane są klarownika warstewkowego (z licznymi ukośnie ustawionymi płytkami), w którym zawieszona cząstki osadzają się na dnie tego klarownika, a klarowany przelew jest odprowadzany kanałem ściekowym do dalszego oczyszczania. Osad z dna klarownika zbiera się w zbiorniku osadu, skąd jest pompowany do wirówki w celu odwodnienia. Odwodniony osad o stężeniu około 30-40% wywozi się na składowisko.

Jednakże w jednej z papierni wytrącone mieszanki powlekające odwadnia się w wirówce i ponownie wykorzystuje jako mieszanke do wstępnego powlekania. Technika ta nie jest jeszcze dostatecznie rozpoznana i jest w trakcie realizacji prac badawczo-rozwojowych.

**Możliwość zastosowania i charakterystyka metody:** Wstępne oczyszczanie ścieków z powlekania może być zastosowane zarówno w nowych, jak i w istniejących papierniach. Jednakże w papierniach istniejących zbudowanie układu dla gromadzenia ścieków oraz ich zawracania może okazać się bardziej skomplikowane i kosztowne. Z kolei w nowych

instalacjach bardziej pożądaną techniką jest ultrafiltracja ścieków z powlekania, ponieważ umożliwia ona względnie krótki czas zwrotu nakładów.

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** Głównymi osiągnięciami są korzyści eksploatacyjne, zwłaszcza w oczyszczalni ścieków. Ładunki zawiesiny ogólnej trafiające do oczyszczalni ścieków zostają obniżone. Również skutki przypadkowych przelewów (nagłe duże ładunki zawiesiny) mogą zostać zminimalizowane. Zaburzenia w pracy wstępnego klarownika słabną, ponieważ zostają ograniczone zakłócenia zarówno w osadzaniu się zawiesiny, jak i stabilizacji ulega moment obciążeniowy mechanizmu napędu tego klarownika. Wytrącenia ze stanu równowagi układu biologicznego są ograniczane, gdyż substancja obojętna (np. cząstki pigmentu), obecna w ściekach z powlekania, nie jest przenoszona i nie gromadzi się w aktywnej biomase osadu czynnego. Tak więc maleje ładunek zanieczyszczeń środowiska. Klarowny filtrat z oczyszczania ścieków z powlekania może być ponownie użyty w każdym innym miejscu w papierni; dla przykładu do rozcieńczania braku własnego, powlekanego lub nie. Jednakże technika ta umożliwia jedynie sterowanie strumieniami ścieków oraz ich zagęszczenie, odpad pozostaje. Z tego powodu technikę opisaną w paragrafie 6.3.5 uważa się za opcję, którą powinno się promować.

**Monitorowanie emisji:** Monitorowanie omawia się w oddzielnym rozdziale.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** Oddzielenie składników mieszanki powlekającej od biologicznego oczyszczania ścieków może mieć pozytywny skutek dla dalszego postępowania z osadem biologicznym. Łatwiej jest spalić osad z głównej oczyszczalni ścieków papierni, jeśli wstępne oczyszczanie ścieków z powlekania zmniejszy udział składników mineralnych w głównych strumieniach osadu.

Jednakże w technice tej, w porównaniu z ultrafiltracją mieszanek powlekających (patrz 6.3.5), nadal wytwarza się odpad. Wynika to z niewielkich jeszcze doświadczeń z ponownym wykorzystaniem wytrąconych mieszanek powlekających. Flokulacja zawiesin skutkuje pewnym wzrostem zasolenia ścieku.

**Doświadczenia eksploatacyjne:** Proces ten jest stosowany od wielu lat w papierniach całej Europy. Jednakże obserwuje się pewne trudności w odwadnianiu tworzonoego osadu. Jeżeli urządzenie odwadniające nie jest właściwie dobrane, to może zaistnieć pogorszenie jego odwodnienia.

**Aspekty ekonomiczne:** Koszty inwestycyjne oddzielnego oczyszczania ścieków z powlekania na drodze flokulacji wynoszą 1,2-1,4 miliona euro dla produkcji 1000 ADt na dobę. Roczne koszty eksploatacji, bez kosztów składowania, to około 75 000-150 000 euro. Z uwagi na utratę składników mieszanki powlekającej, gdy trafiają one na składowisko, nie ma możliwości zwrotu nakładów na tę inwestycję.

**Cel wdrożenia:** Motywacją do wdrożenia tego rozwiązania są trudności w zewnętrznej oczyszczalni ścieków, wynikające z braku wstępnego oczyszczania ścieków. Wysoka zawartość zawiesiny ogólnej w ściekach z powlekania może zaburzyć funkcjonowanie wstępnego klarownika oraz procesu biologicznego, a skończyć się trudnościami w spalaniu osadu.

**Przykładowe zakłady:** Liczne zakłady przemysłowe w Europie Zachodniej (w Niemczech, Austrii, Francji, Szwecji oraz Finlandii).

**Bibliografia:** [CEPI, 1998 b]

### 6.3.7 Rozwiązania ograniczające częstość i skutki emisji przypadkowych

**Opis techniki:** Celem działania maszyny do wyrobu papieru i tektury jest otrzymanie produktu finalnego w postaci długiej i nieprzerwanej wstęgi papieru. W trakcie działania mogą wystąpić zakłócenia w funkcjonowaniu maszyny lub w jakości masy, które, na ile to możliwe, powinny być kontrolowane. W najgorszym razie prowadzą one do zrywu wstęgi i strat w produkcji. W dodatku maszyny papiernicze wymagają konserwacji i bieżących napraw, z czego większość nie może być zrobiona w czasie ich pracy, tak więc wymaga to wielu krótkich zatrzymań i ponownych uruchomień. W przypadku produkcji w ramach tej samej maszyny, różnorodnych rodzajów papieru, problem jest bardziej skomplikowany i determinowany postojami niezbędnymi dla przejścia od produkcji jednego rodzaju papieru do innego.

Te emisje przypadkowe zazwyczaj zdarzają się na skutek:

- Zakłóceń w pracy maszyny papierniczej.
- Planowanych postojów remontowych i rozruchów.
- Słabego zarządzania zbiornikami wody podsitowej lub kadziami braku w części mokrej, kadziami braku z części suszącej lub z powlekarki poza maszyną papierniczą.

Dzięki zautomatyzowaniu maszyny papierniczej, monitorowanie w ciągu produkcyjnym parametrów wstęgi papieru oraz maszyny papierniczej staje się szybsze i bardziej dokładne. Wpływ masy z wlewu, szybkość walców maszyny napędzanych przez napędy o różnej prędkości, a także ilość pary zużytej na suszenie - wszystkie te parametry mogą być stabilniejsze i dobrane optymalnie według potrzeb. W wyniku tego jakość papieru ulega poprawie, spada również liczba zrywów wstęgi w maszynie. Warunkiem jest, by elementy sterujące były odpowiednio wbudowane i połączone, tak by mogły nawzajem oddziaływać. Z drugiej strony, w produkcji papierów wysokogatunkowych procesy rafinowania i sortowania muszą spełniać wyższe standardy, ponieważ zaakceptowania są jedynie mniejsze odchylenia jakości wstęgi papieru.

Ograniczając do minimum emisje przypadkowe, należy przede wszystkim zapewnić należyte wymiary kadzi wody podsitowej oraz kadzi braku własnego. Według reguły wynikającej z doświadczenia, kadzie braku własnego winny mieć objętość wystarczającą, by zmagazynować porcję masy dla co najmniej trzech godzin przeciętnej produkcji. W przeciwnym razie rośnie prawdopodobieństwo znaczących upustów wody i substancji stałej do kanału ściekowego. Zdolność magazynowania wody podsitowej musi być powiązana z magazynowaniem braku własnego, tak by nie wystąpiło zapotrzebowanie na wodę świeżą podczas zrywów wstęgi lub, wówczas gdy brak własny ma być zawracany do maszyny. W maszynach papierniczych wyrabiających powlekane odmiany papieru zawracanie do obiegu braku własnego, zbieranego z powlekarek pracujących w ciągu maszyny lub poza nią, musi być systematycznie kontrolowane. Wynika to z konieczności zachowania udziału powlekanego braku własnego poniżej wartości ustalonej dla danego papieru powlekanego. Należy sporządzić odpowiednią mieszalinę świeżo przygotowanej masy papierniczej oraz różnych braków własnych w taki sposób, by uniknąć trudności w części mokrej maszyny papierniczej. Objętość magazynowa kadzi powlekanego braku własnego musi sprostać temu wymaganiu.

Aby zapobiec przelewom, musi zostać opanowane sterowanie poziomem w zbiorniku wody podsitowej. Uwzględnić ono musi również inwentaryzację braku własnego oraz przygotowanej masy, a także plan produkcji.

W papierniach, które często zmieniają rodzaj produkowanego papieru, kontrola zbiorników jest utrudniona, gdyż zasoby masy często utrzymuje się na niskim poziomie w celu zminimalizowania strat wynikających z przemywania w trakcie zmian rodzaju produkowanego papieru. Z tego względu również charakterystyki mas wprowadzanych do maszyny muszą być bardziej starannie kontrolowane, tak by ilość braku własnego była niewielka. W papierniach z wieloma maszynami papierniczymi straty masy mogą być zmniejszone, gdy daną masę można wykorzystywać do produkcji na innej maszynie.

Ochronę oczyszczalni ścieków oraz środowiska należy rozważyć pod kątem ewentualnej instalacji zbiornika wyrównawczego (basenu retencyjnego), do którego można by przenosić ścieki powstałe z przypadkowych przelewów. Z tego zbiornika byłyby one odprowadzane w kontrolowany sposób do oczyszczalni ścieków.

Dla uniknięcia emisji przypadkowych pochodzących z przygotowania i magazynowania chemikaliów stosuje się następujące sposoby:

- Zaprojektowanie oraz działanie urządzeń w taki sposób, aby niebezpieczne substancje nie mogły przedostać się na zewnątrz.
- Szybkie i wiarygodne wykrywanie przecieku ze wszystkich części urządzenia, które posiada kontakt z substancją niebezpieczną. Zapobieganie występowaniu przecieków oraz odpowiednie ich usuwanie. Urządzenia te winny być wyposażone w układ gromadzenia, zaprojektowany w wersji szczelnej i trwałej, o ile nie posiadają podwójnych ścian i wskaźników wycieku. Komory zbiorcze nie powinny mieć jakichkolwiek dodatkowych otworów spustowych.
- Powinny być sporządzone i przestrzegane instrukcje działania, z uwzględnieniem monitorowania, konserwacji, a także planów alarmowych.
- Oczyszczanie ścieków jest najbardziej newralgicznym punktem dla emisji przypadkowych. Wymagane warunki wstępne to sprawnie działająca oczyszczalnia oraz dobra łączność między pracownikami zespołów produkcyjnych a obsługą oczyszczalni ścieków. Ta ostatnia w razie wystąpienia przypadkowego przelewu może podjąć wystarczające środki zaradcze dla ochrony zakładu i oczyszczalni.

**Możliwość zastosowania i charakterystyka metody:** Opanowanie emisji przypadkowych jest najważniejsze dla maszyny papierniczej i może być zastosowane zarówno w istniejących, jak i nowych papierniach. W przypadku istniejących (starych) papierni zastosowanie metody może utrudniać brak miejsca pod budowę kadzi magazynowych wody lub masy.

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** Rozwiązania te zmniejszają częstość maksymalnych (szczytowych) emisji, zarówno dla natężenia przepływu, jak i stężeń zawiesiny ciał stałych pochodzących z maszyn papierniczych.

**Monitorowanie emisji:** Zaleca się bezpośrednie monitorowanie natężenia przepływu odprowadzanych ścieków, a także laboratoryjne monitorowanie zawiesiny ciał stałych oraz substancji rozpuszczonych, odczynu, temperatury, zawartości substancji organicznych oznaczanych jako BZT<sub>5</sub> lub ChZT strumieni ścieków odprowadzonych do kanału oraz niektórych strumieni zwracanych do obiegu. Do tego celu mogą zostać użyte bezpośrednie mierniki zawiesiny lub mętności.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** W wyniku opracowania sprawnego systemu zarządzania wodą podsitową i magazynowaniem masy następuje poprawa ekonomii produkcji oraz zmniejszenie liczby emisji przypadkowych. Nie obserwuje się innych znaczących skutków.

**Doświadczenia eksploatacyjne:** Wyższy poziom automatyzacji okazał się skuteczny oraz zwiększył możliwości zapobiegania emisjom przypadkowym - chociaż głównym powodem jego wdrożenia jest zazwyczaj poprawa płynności ruchowej maszyny oraz, w większości przypadków, wzrost zdolności produkcyjnej. Modelowanie statyczne, tak ostatnio dynamiczne, przyczyniło się w wielu papierniach do akceptacji zaawansowanego sterowania operacjami w maszynie papierniczej.

**Aspekty ekonomiczne:** Koszty inwestycyjne jednej dodatkowej wieży wody podsitowej o objętości 3000 m<sup>3</sup> oraz jednej wieży niepowlekanego braku objętości 2000 m<sup>3</sup> byłyby rzędu 1,0-1,2 miliona euro. Gdyby była wymagana druga wieża braku dla braku powlekanego, to kosztowałaby ona około 0,4 - 0,5 miliona euro; łącznie z niezbędnym wyposażeniem pomocniczym, rurociągami oraz zasilaniem i elektroniką. Koszty inwestycyjne odpowiadają dobowej produkcji papieru 1000 ADt.

**Cel wdrożenia:** Po pierwsze, rozwiązania te mają zapobiegać dezorganizującym emisjom z papierni odprowadzanym do kanału ściekowego i tym samym utrzymywać bardziej stabilny ładunek zanieczyszczeń odprowadzany do zewnętrznej oczyszczalni ścieków. Po drugie, automatyzacja procesu sprzężona ze skomplikowanym inwentaryzowaniem wody podsitowej, masy papierniczej oraz braku własnego - zapewniają płynność ruchową maszyny papierniczej.

**Przykładowe zakłady:** Liczne papiernie w Europie.

### 6.3.8 Pomiary i automatyzacja

**Opis techniki:** Dla wysokiej sprawności wyrobu papieru jest ważne, by proces produkcyjny był ustabilizowany, a jakość produktu jednorodna. Te cechy są również konieczne dla produkcji rozsądnej z punktu widzenia ochrony środowiska. Niestabilności w procesie przygotowania masy oraz w części mokrej powodują zrywy wstęgi wprowadzając w ten sposób zaburzenia w obiegach wodnych. Pomiary w ciągu produkcyjnym oraz dokładne sterowanie procesem są zatem konieczne dla skutecznego wyrobu papieru. Główne obszary, w których pomiary i automatyzacja poprawiają zarówno jakość i produktywność, a także kreują osiągnięcia środowiskowe, omawia się poniżej.

- *Działanie wylawiacza włókien:* Oznaczanie stężeń zawiesiny ogólnej i pomiar mętności są ważnymi wskaźnikami wartości szczytowych wówczas, gdy celem jest zastosowanie możliwie dużych ilości filtratu jako wody natryskowej. Dzięki temu unika się niepotrzebnych strat włókna i zmniejsza się ładunek zanieczyszczeń kierowanych do oczyszczalni ścieków. Pomiar i sterowanie stężeniem zasilania ułatwiają optymalizację działania filtra.
- *Komponowanie składu masy papierniczej:* Zachowanie proporcji pomiędzy gęstymi zawiesinami, różnice stężeń i jakości masy (np. w smarności, długości włókna, zawartości wypełniaczy) - zostają ustabilizowane, pozwalając na uniknięcie wahań jakości produkowanego papieru.
- *Rafinowanie:* Strategia sterowania rafinowaniem wymaga co najmniej dokładnych pomiarów przepływu oraz stężenia. Optymalne sterowanie rafinowaniem wymaga wykonania dodatkowych oznaczeń, takich jak: smarność lub odwadnialność oraz długość włókna.
- *Zarządzanie częścią mokrą:* Informacje o całkowitej zawartości substancji stałych we wlewie maszyny i wodzie podsitowej oraz o poziomach stężenia wypełniacza dostarczają wczesnych sygnałów o wystąpieniu potencjalnych problemów w chemii części mokrej. Automatyczne sterowanie dozowaniem środków retencyjnych, gdzie celem jest zatrzymanie jednolitych ilości włóknistej frakcji drobnej i wypełniacza we wstędze papieru, wykorzystuje pomiary w ciągu regulującym stężenia włókna i wypełniacza w krótkim obiegu wodnym. Wprowadzenie

sterowania stężeniem wody podsitowej znacząco poprawiło stabilność procesów dokonujących się w części mokrej oraz zmniejszyło liczbę zrywów w tej części. Odchylenia stężenia w krótkim obiegu, wahania ilości wprowadzanych substancji rozpuszczonych i koloidowych są głównym źródłem problemów z płynnością ruchową maszyny papierniczej oraz optymalizacją jej działania. Zapotrzebowanie kationowe oznacza się dla wody podsitowej i służy ono do kontroli substancji szkodliwych dla zatrzymania wypełniacza i frakcji drobnej. Sterowanie retencją dokonywane jest przez opanowanie flokulacji, natomiast regulacja ładunku elektrokinetycznego jest stabilizowana przez kontrolowanie koagulacji.

**Możliwość zastosowania:** Wyżej wzmiankowane pomiary i regulacje mogą być zastosowane zarówno w małych, jak i w wielkich papierniach. Największe korzyści uzyskuje się w sytuacji, gdy wytwarza się wysokogatunkowe produkty finalne.

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** Podanie liczbowych danych opisujących osiągnięte korzyści dla środowiska jest trudne, ponieważ zależą one od charakterystyki instalacji, jej produktywności przed tymi usprawnieniami, od rodzaju lub rodzajów wyrabianego papieru i innych. Gospodarka wodna ulega poprawie, gdyż obniżają się zarówno ładunki zanieczyszczeń odprowadzanych do oczyszczalni ścieków, jak i straty materiałowe - czyli odpady.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** Nie jest znane negatywne oddziaływanie na procesy i środowisko. Wzrost wydajności oraz zmniejszenie liczby zrywów i strat, dzięki zastosowaniu lepszej regulacji procesu i automatyzacji, mają wyłącznie pozytywne skutki dla środowiska. Mniej zakłóceń w obiegach wodnych, mniejsze zużycie energii, a także mniej odpadów - oto wynik tych rozwiązań.

**Doświadczenia eksploatacyjne:** Pomiary i automatyzacja zostały zastosowane w wielu istniejących papierniach przynosząc zwiększenie ich sprawności oraz eliminację problemów. Pomiary i automatyzacja to naturalna i dalej rozwijana działalność w nowych papierniach.

**Aspekty ekonomiczne:** Z ekonomicznego punktu widzenia celem tych działań jest zwiększenie rentowności wyrobu papieru. Eliminacja raz w tygodniu jednego siedmio minutowego zrywu skutkuje zwiększeniem o 0,5% czasu pracy, co przy produkcji 300 ton na dobę daje produkcję 1,5 tony więcej papieru na dobę. Gdy koszt netto straconej produkcji wynosi 500 dolarów amerykańskich (USD) za tonę, to oszczędności w wyniku bardziej stabilnej produkcji wyniosłyby ponad 260 000 USD w ciągu roku. Dodatkowo oszczędza się energię, która zostaje zmarnowana podczas każdego zrywu, na przykład jako energia zużyta w cylindrach suszących i na pompowanie.

Wysoka i jednorodna retencja oznacza oszczędności również w oddziale oczyszczalni ścieków, która już nie musi być przesadnie rozbudowana dla przyjęcia obciążeń maksymalnych. Docierają do niej bardziej jednolite ładunki ścieków powstające w wyniku utrzymywania ustabilizowanej retencji.

Na tle oszczędności uzyskanych dzięki automatyzacji, należy wziąć pod uwagę koszty inwestycyjne i eksploatacyjne tego wyposażenia. Czas zwrotu nakładów inwestycyjnych na wdrożenie pomiarów i automatyzacji zazwyczaj jest krótszy od jednego roku. Po odpowiednim przeszkoleniu, pracownicy papierni mogą obsługiwać dany zespół, a specjaliści z zakresu elektroniki i oprzyrządowania, gdy zajdzie taka potrzeba, mogą wykonać prace konserwacyjne.

**Cel wdrożenia:** Pomiary i automatyzacja są stosowane przede wszystkim ze względów ekonomicznych oraz dla osiągnięcia wyższej jakości papieru. Powodują one takie wyniki jak: oszczędność czasu w produkcji papieru (np. umożliwiając szybsze zmiany rodzaju

produkowanego papieru, szybsze rozruchy, szybszy powrót po zrywie do normalnej produkcji), niższe koszty produkcji (np. optymalizacja składu masy papierniczej, efektywne stosowanie dodatków masowych, zmniejszone zużycie energii) oraz możliwie najwyższą jakością papieru (np. poprzez mniejsze wahania właściwości papieru w kierunku poprzecznym w odniesieniu do właściwości w kierunku podłużnym, poprzez optymalizację odwadniania i formowania, etc.). Optymalne dla danej maszyny odwadnianie osiąga się na drodze właściwego przygotowania masy oraz poprzez zarządzanie częścią moką (np. sterowanie pracą rafinerów, regulacja dozowania chemikaliów). Ponadto łatwiej jest produkować szerszy asortyment papieru.

**Przykładowe zakłady:** Liczne papiernie w Europie.

**Bibliografia:** [Nokelainen, 1995], [Nokelainen, 1997]

### 6.3.9 Instalacja zbiornika wyrównawczego i wstępne oczyszczanie ścieków

**Opis techniki:** W większości papierni rozwiązanie to nie jest stosowane jako niezależna technika, lecz jako stopień oczyszczania wstępnego. Oczyszczanie wstępne zwykle odbywa się przed oczyszczaniem biologicznym, ma to na celu ułatwienie i poprawę procesu oczyszczania ścieków. W niektórych wyjątkowych przypadkach, kiedy ładunek organiczny jest zbyt niski dla skutecznego oczyszczania biologicznego, technika ta może być stosowana jako jedyny sposób oczyszczania ścieków.

Poniżej podane są najważniejsze metody:

- Sortowanie wstępne przeprowadza się w celu usunięcia większych przedmiotów i piasku, które mogą spowodować uszkodzenie wyposażenia.
- Wyrównanie oraz odbiór przelewów zalecane są dla ścieków o dużych wahaniami przepływu oraz zawartości zanieczyszczeń. Wahania te mogą zakłócić funkcjonowanie późniejszych procesów oczyszczania, szczególnie oczyszczania biologicznego. Czas retencji w kadzi wyrównawczej wynoszący 4 godziny może być przyjęty jako wskaźnik odpowiedniej konstrukcji. Jednak należy pamiętać, że odpowiedni czas retencji w kadzi wyrównawczej zależy od wahań jakości wody.
- Wstępne lub mechaniczne oczyszczanie grawitacyjne ma na celu usunięcie zawiesiny ciał stałych, takich jak włókna, cząsteczki kory i cząsteczki nieorganiczne (wypełniacze, cząsteczki wapna itp.). Wymagana jest pewna minimalna wielkość cząstek. Z praktycznego punktu widzenia mniejsze cząsteczki osadzają się zbyt wolno lub nie osadzają się wcale. Sedymentacja to pierwszy sposób oczyszczania, jaki jest stosowany w celulozowniach i papierniach oraz/lub jako wstępna obróbka na przykład przed oczyszczaniem biologicznym. Flotacja może być także stosowana w fazie wstępnego klarowania. Niektóre mniejsze zakłady stosują oczyszczanie wstępne, w którym stanowi ono jedyną metodę oczyszczania ścieków.

Cząsteczki osadzające się na dnie radialnego osadnika wstępnego tworzą osad, który musi być usuwany. Usuwanie odbywa się przez pompowanie z klarowników poprzedzone zgarnianiem szlamu z dna. Osad zawiera zwykle niską zawartość suchej substancji, w przybliżeniu 1-2% i musi być odwodniony przed ostatecznym usunięciem. W niektórych zakładach osad z klarowników wstępnych jest ponownie wykorzystywany w procesie produkcyjnym, co zapewnia mu odpowiednie właściwości.

**Możliwość zastosowania i charakterystyka metody:** Technika oczyszczania końcowego.

Proces może być stosowany zarówno w istniejących, jak i nowych papierniach. Zastosowanie procesu powinno być poprzedzone podjęciem kroków, których celem jest ograniczenie zużycia wody oraz zmniejszenie obciążenia hydraulicznego a tym samym kosztów inwestycyjnych ponoszonych na zainstalowanie klarowników.

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** Wynik wstępnego oczyszczania zależy od charakterystyki ścieków oraz od stopnia wewnętrznego odzyskiwania włókien w celulozowni lub papierni. Dla wszystkich zawiesin ciał stałych stopień usuwania może wynosić 60-90%. Dla ciał stałych, które osadzają się usuwanie będzie zwykle wyższe: około 90- 95%.

Stężenia zawiesiny ogólnej po wstępnej sedymentacji mogą wynosić 30-200 mg/m<sup>3</sup>.

**Monitorowanie emisji:** Monitorowanie jest omówione w oddzielnym rozdziale.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** W oczyszczalni ścieków wytwarzany jest osad, który po odwadnianiu musi być poddany dalszej obróbce. Istnieje wiele różnych sposobów dalszej obróbki osadu. Są one do pewnego stopnia zależne od warunków panujących w danym zakładzie (patrz rozdział 6.3.1.4). Jedną z możliwości jest spalanie zapewniające w niektórych przypadkach dodatnią wartość opałową.

**Doświadczenia eksploatacyjne:** Wstępne klarowniki typu grawitacyjnego były stosowane z powodzeniem przez wiele lat we wszystkich rodzajach zakładów produkujących papier i tekturę.

**Aspekty ekonomiczne:** Nakłady inwestycyjne na instalację wstępnego oczyszczania dla nowej papierni o wydajności 1 000 ADt/24 h o zintegrowanej produkcji celulozy i papieru obejmującą pompowanie, wstępny klarownik, odwadnianie osadu oraz system dozowania chemikaliów wynoszą 3,5 – 4,5 milionów euro. Koszty eksploatacji zależą w znacznym stopniu od wymaganego zużycia chemikaliów i wynoszą 0,4 – 0,6 milionów euro/rok.

**Cel wdrożenia tej techniki:** Wstępne oczyszczanie jest stosowane w celu zmniejszenia ładunku zawiesiny ogólnej odprowadzanej do odbiorników ścieków lub oczyszczalni biologicznej.

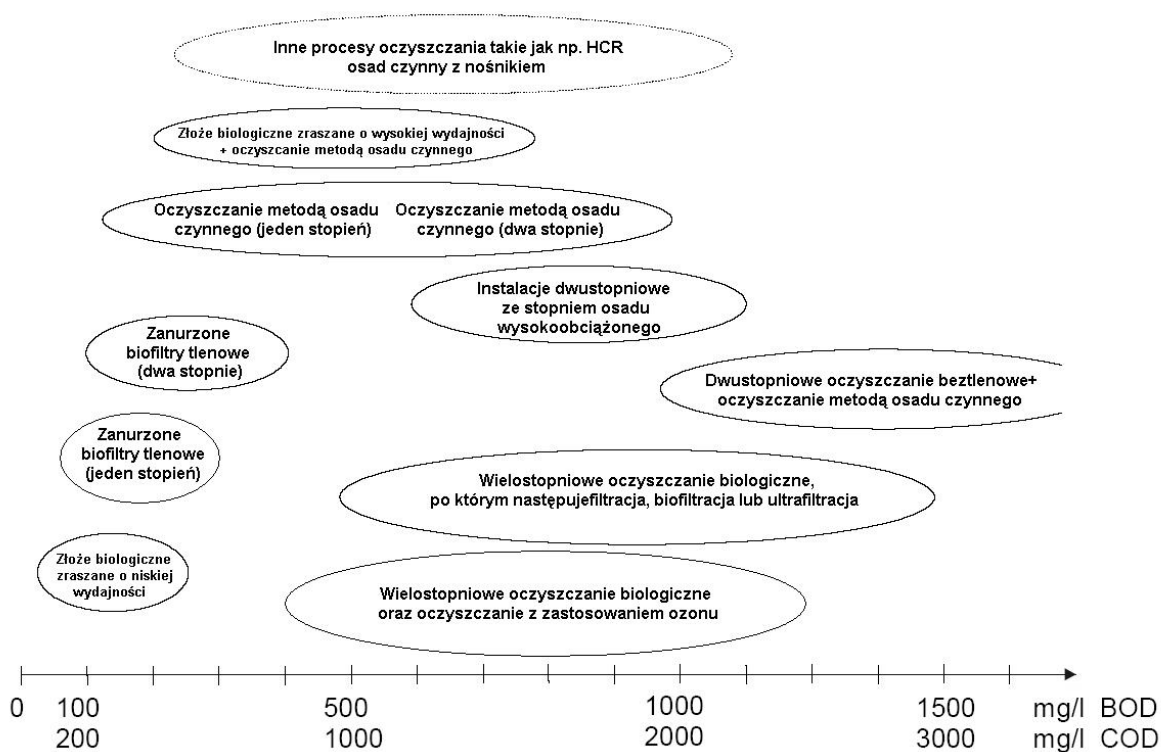
**Instalacje przykładowe:** Liczne papiernie w Europie dla wszystkich rodzajów ścieków

### 6.3.10 Oczyszczanie wtórne lub biologiczne - metody tlenowe

**Opis techniki:** Podstawowymi alternatywnymi metodami oczyszczania wtórnego są instalacje biologicznego oczyszczania ścieków: tlenowe oraz beztlenowo/tlenowe. Jednak oczyszczanie metodą beztlenową jest ograniczone do ścieków zawierających wysoki ładunek organicznych substancji podatnych na rozkład biologiczny (reguła praktyczna ChZT  $\geq 2\ 000$  mg/l) w celu umożliwienia metanizacji. Dlatego jest ono stosowane głównie w instalacjach do przerobu makulatury (patrz rozdział 5.3.5) zwłaszcza w papierniach produkujących papier na warstwę pofalowaną oraz tekturę.

Istnieje wiele różnych instalacji do oczyszczania ścieków z papierni metodą tlenową. Stosuje się układy osadu czynnego, zanurzone tlenowe filtry biologiczne, złoża biologiczne zraszane w układzie jedno- lub wielostopniowym lub połączenie obu tych metod, sekwencyjne reaktory okresowego działania, obrotowe biologiczne kontakторы.

Główne technologie zewnętrznego oczyszczania biologicznego ścieków z papierni oraz odpowiednie zakresy stężenia przedstawia rysunek 6.14.



**Rysunek 6.14:** Główne procesy zewnętrznego oczyszczania ścieków z papierni oraz zakresy w jakich są stosowane.

Wartości stężenia odnoszą się do stężeń na wlocie. [Według Demel w PTS, 1998]; kropkowane obszary reprezentują bardziej nowoczesne techniki oczyszczania rzadziej stosowane w Europie. Oczyszczanie ozonowe jest jeszcze ciągle uważane za technikę nowo powstającą (patrz 5.5.1). Dwustopniowy układ z osadem czynnym obejmuje dwie oddzielne komory napowietrzania z dwoma oddzielnymi układami do zawracania nadmiaru osadu.

Powszechnie stosuje się zasadę zapewnienia hydraulicznego buforu, którego celem jest zabezpieczenie oczyszczalni przed dużymi wahaniami (szczytami) przepływu lub ładunku organicznego, które bez takiego zabezpieczenia, mogłyby spowodować okresową niską wydajność instalacji. Buforowanie umożliwia także optymalizację wielkości instalacji w stosunku do średniego natężenia przepływu.

W tabeli 6.22 przedstawiono ogólny przegląd najważniejszych instalacji oczyszczania biologicznego, ich odpowiednie zakresy stosowania, zalety i wady oraz dodatkowe uwagi.

Proces	Stosowanie (BZT stężenie na wlocie)	Zalety	Wady	Uwagi
Zanurzone tlenowe filtry biologiczne (1 stopień)	20 - 100 mg/l	Bezpieczny proces; immobilizowana biomasa; niskie stężenie zawiesiny w ściekach	Wrażliwość na wysokie stężenia zawiesiny ciał stałych	
Zanurzone tlenowe filtry biologiczne (2 stopnie)	100 - 300 mg/l (lub więcej)			
Złoża biologiczne zraszane o niskiej wydajności	< 100 mg/l	Prosta konstrukcja; niskie zużycie energii; chłodzenie ścieków	W niektórych przypadkach występuje ryzyko zapychania się; nieprzyjemnego zapachu spowodowanego przez odpędzanie gazów	
Złoża biologiczne zraszane o wysokiej wydajności + czynny osad	200 - 800 mg/l			
Czynny osad (jeden stopień)	100 - 1000 mg/l	Proces konwencjonalny o wielu wariantach; bogate doświadczenie	Zużycie energii.; Nadmierna ilość osadu; problemy z dużą objętością lub pływającym na powierzchni osadem	
Czynny osad (dwa stopnie)				Oddzielenie obiegu osadu jest ważne
Osad czynny (2 stopnie ze stopniem wysokiego obciążenia osadu)	600 - 1200 mg/l	Lepsze własności osadu czynnego	Zużycie energii; Nadmierna ilość osadu	
Reaktory o ruchomym złożu (stała biomasa na ruchomym nośniku)	300 - 1500 mg/l	Stać biomasa; mniejsze objętości reaktora; brak powrotu osadu; mniejsza wrażliwość na obciążenia szczytowe	Nadmiar osadu;	np. Proces Kaldness; umożliwia wysokie obciążenie
Obrotowe biologiczne kontaktory (RBCs): Stała warstwa biologiczna /tarcze biologiczne	Stosowane jako stopień zmniejszania objętości oraz do dalszego oczyszczania	Ekonomiczne dla mniejszych papierni; niskie zapotrzebowanie energii (<0,3 kWh/kg BZT)	W wielu europejskich krajach jest niewielkie doświadczenie ze stosowania obrotowych biologicznych kontaktorów	Zastosowano z powodzeniem w przemyśle papierniczym w USA i we Włoszech.
Osad czynny jako sekwencyjny reaktor okresowy (SBR)	100 - 1000 mg/l	Bardziej elastyczny proces technologiczny	Większy wysiłek w celu kontroli procesu; proces nieciągły	

**Tabela 6.22: Biologiczne oczyszczanie ścieków z papierni; przegląd [Według PTS, 1998, zmieniony przez EIPPCB]**

Jeżeli wystąpi potrzeba spełnienia bardziej surowych wymagań, biologiczne oczyszczanie może być także połączone z zaawansowanymi metodami oczyszczania, takimi jak oczyszczanie ozonem lub filtracją membranową. W Niemczech w 1999 uruchomione zostały dwa układy łączące oczyszczanie biologiczne z ozonowaniem i ultrafiltracją, których celem jest dalsze zmniejszanie ładunku ChZT zrzucanego do odbiorników ścieków (patrz rozdział 5.5.1)

W celu uzyskania bardziej dokładnych informacji dotyczących oczyszczania ścieków - patrz przykłady podane poniżej oraz odpowiednie podręczniki na temat inżynierii oczyszczania ścieków [np. Metcalf & Eddy, 1991].

**Możliwość zastosowania i charakterystyka metody:** Technika oczyszczania końcowego. Proces może być stosowany zarówno w istniejących jak i nowych papierniach. W niektórych szczególnych przypadkach, w których organiczny ładunek jest zbyt niski dla skutecznego oczyszczania biologicznego, np. w wytwórniach papieru z masy pierwotnej, może być stosowane tylko oczyszczanie wstępne spełniające wymagane standardy (patrz rozdział 6.3.9).

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** Stosowanie biologicznego oczyszczania ścieków z wytwórni papieru zapewnia stosunkowo łatwe osiągnięcie następujących współczynników zmniejszenia ładunku zanieczyszczeń:

- Osad czynny: 85 - 96% dla BZT<sub>5</sub>; 75 - 90% dla ChZT.  
Usuwanie ładunku zanieczyszczeń o takim współczynniku sprawności jest osiągane w układach o niskim ładunku zanieczyszczeń z osadem czynnym przy stosunku pożywki do masy wynoszącym od 0,1 do 0,2 kg BZT/kg zawiesiny ogólnej/dobę. W niektórych przypadkach uzyskiwane są także dobre współczynniki sprawności usuwania zanieczyszczeń w instalacjach o wysokim ładunku.
- Złoża biologiczne zraszane: 60 - 70% dla BZT<sub>5</sub>; 50 - 60% dla ChZT.
- Reaktor ze złożem biologicznym/reaktor z nośnikiem: 85 - 95% BZT<sub>5</sub>; 80 - 90% ChZT.
- Zanurzony filtr biologiczny: 60 - 80% dla BZT<sub>5</sub>; 50 - 60% dla ChZT.

Należy zauważyć, że sprawność usuwania zanieczyszczeń zależy do pewnego stopnia od stężenia zanieczyszczeń wprowadzanych do układu. Natomiast stężenia organicznych substancji w ściekach zależą od użytych surowców, rodzaju produkowanego papieru, jednostkowego zużycia wody i zastosowanych metod zintegrowania procesu technologicznego.

Ścieki z papierni po oczyszczeniu mogą osiągnąć wartości w zakresie od 50 do 15 mgChZT/l. Poziomy BZT<sub>5</sub> poniżej 25 mg BZT<sub>5</sub>/l są normalnie osiągane i mogą wynosić 5 mg/l. Stosunek ChZT/BZT w filtrowanych próbkach ścieków z papierni po oczyszczeniu biologicznym zwykle wynosi 4 i 7 lub 8 (do 10). Ładunek odprowadzony do odbiorników ścieków zależy głównie od rodzaju produkowanego papieru, własności wyrobu jakie należy zapewnić, przepływu wody na tonę wyrobu, stosowanych dodatków chemicznych oraz konstrukcji i pracy oczyszczalni ścieków. Odpowiednia konstrukcja i konserwacja oczyszczalni to podstawowy warunek dobrego funkcjonowania instalacji do biologicznego oczyszczania ścieków.

**Monitorowanie emisji:** Zwykle kontrolowane są: ChZT, BZT<sub>5</sub>, zawiesina ogólna, N i P oraz adsorbowalne organiczne chlorowce AOX. Zalecane są także dodatkowe pomiary w celu kontroli układów biologicznych, na przykład pomiar zawartości O<sub>2</sub>, wskaźnika objętości osadu (SVI), przepływu wody i od czasu do czasu badanie mikroskopowe aktywnego osadu. Znaczenie tego ostatniego obecnie wzrasta.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** Podczas oczyszczania ścieków metodą tlenową wytwarzana jest nadmierna ilość osadu, który musi być zagęszczony, odwodniony i poddany dalszej obróbce. Typowa wartość dla instalacji z osadem czynnym o niskim ładunku zanieczyszczeń wynosi od 0,3 do 0,4 kg nadmiaru osadu /kg BZT<sub>5</sub> eliminowanego (jako substancje suche) wytworzonego podczas oczyszczania. Czasami występują także wyższe wartości. Oczyszczanie przy niższym stężeniu BZT w zanurzonych filtrach biologicznych powoduje wytwarzanie mniejszej ilości nadmiaru osadu: ok. 0,2 kg nadmiaru osadu/kg BZT<sub>5</sub> eliminowanego (jako substancje suche). W oczyszczalniach o wysokim obciążeniu wytwarzana jest wyższa jednostkowa ilość osadu nadmiernego.

Do napowietrzania aktywnej biomasy (aktywnego osadu) oraz dla napędu pomp elektrycznych potrzebna jest energia. Jednostkowe zużycie energii podczas rozkładu/eliminacji 1 kg BZT<sub>5</sub> wynosi 0,3 – 3 kWh. Zależy ono głównie od ilości tlenu potrzebnego do rozkładu substancji organicznych i ładunku, dla którego zaprojektowany został układ osadu czynnego. Układy osadu czynnego o wysokim obciążeniu wymagają od 0,3 do 0,5 kgO<sub>2</sub>/kg BZT<sub>5</sub> eliminowanego a układy osadu czynnego o niskim obciążeniu od 1,5 do 2 kgO<sub>2</sub>/kg BZT<sub>5</sub> eliminowanego. W konsekwencji zużycie energii w układach z osadem czynnym o wysokim obciążeniu wynosi ok. 0,5 kWh/kg BZT<sub>5</sub> eliminowanego natomiast w układach z osadem czynnym o niskim obciążeniu - od 1,5 do 2 kWh/kg BZT<sub>5</sub> eliminowanego. Jeśli układ niskoobciążony jest dobrze zaprojektowany można osiągnąć wartość < 1 kWh/kg BZT<sub>5</sub> eliminowanego [Möbius, 1997]. Wartość ta może być także stosowana do porównania oczekiwanych kosztów eksploatacji różnych układów oczyszczania ścieków.

Mineralne pożywki zwykle są dodawane do biologicznej oczyszczalni ścieków w celu zapewnienia równowagi C : P : N, która ma decydujące znaczenie dla wzrostu aktywnej biomasy. Zwykle fosfor jest dodawany w postaci kwasu fosforowego a azot w postaci mocznika. Część dodawanych pożywek będzie zwykle odprowadzana razem z oczyszczonymi ściekami. Przy zoptymalizowanej konstrukcji układu można osiągnąć zrzut pożywek na poziomie 1 mgP<sub>ogólnego</sub>/l i poniżej 10 mg nieorganicznego N/l (średnia wartość dobową).

Oczyszczalnia ścieków z papierni może powodować nieprzyjemne zapachy szczególnie w okresie letnim. Odpowiednia konstrukcja układu oraz kontrola procesu oczyszczania zapobiegają wydzielaniu nieprzyjemnych zapachów.

**Doświadczenia eksploatacyjne:** Biologiczne oczyszczanie ścieków z papierni metodą tlenową jest stosowane z powodzeniem od ponad 20 lat.

Tendencja wzrostu objętości osadu podczas oczyszczania metodą osadu czynnego powinna być kontrolowana za pomocą odpowiednich środków. Pojawia się zwykle wtedy, kiedy występują zakłócenia w układzie spowodowane, np. wahaniami ładunku zanieczyszczenia ścieków, wahaniami rozpuszczonego tlenu w zbiorniku aktywnego osadu, brakiem lub nadmiarem azotu i fosforu lub wahaniami ilości zawracanego osadu do komory napowietrzania.

Wzrost objętości osadu występuje zwykle okresowo. Analiza etapowa tego problemu może dostarczyć nam wiele informacji o źródłach tego zjawiska. Można na przykład ograniczać ten problem przez zmianę konstrukcji oczyszczalni ścieków, prowadzić badania mikroskopowe aktywnego osadu, monitorować wpływające ścieki. Ogólnie rzecz ujmując monitorowanie jest konieczne dla zbadania przyczyn występujących zakłóceń. W niektórych przypadkach okazało się, że kwasy karboksylowe takie jak kwas octowy były główną przyczyną dużego wzrostu bakterii nitkowatych, które są odpowiedzialne za wzrost objętości osadu. Bakterie nitkowate mogą się także pojawić, gdy w ściekach obecna jest siarka.

Przy produkcji mniej wymagających rodzajów papieru (np. testlinera lub tektury) można ponownie wykorzystać (część) oczyszczonych ścieków z biologicznej oczyszczalni, zwykle po ich dodatkowym oczyszczeniu w procesie flotacji lub filtracji piaskowej.

**Aspekty ekonomiczne:** następujące dane dotyczące kosztów inwestycji poniesionych na oczyszczalnie ścieków ilustrują w przybliżeniu rząd wielkości z jakimi mamy do czynienia. Porównując nakłady inwestycyjne w oparciu o ładunek zanieczyszczeń (np. kg ChZT) należy pamiętać, że oczyszczalnie ścieków są często przewymiarowane z powodu przewidywanego wzrostu produkcji w przyszłości.

Pomimo tego podajemy kilka przykładów oczyszczalni zainstalowanych we francuskich papierniach:

- Metoda osadu czynnego w papierni produkującej papier drukowy (produkcja 200 t/d papieru): 2 miliony euro.
- Metoda osadu czynnego w papierni produkującej papier drukowy (produkcja 300 t/d papieru): 3 miliony euro.
- Biofiltracja dla papierni produkującej papiery specjalne i techniczne (produkcja 130 t/d papieru): 1,5 miliona euro.
- Metoda osadu czynnego w papierni produkującej papier drukowy (produkcja 260 t/d papieru co odpowiada 2,5 t ChZT/dobę): 2 miliony euro.
- Metoda osadu czynnego w papierni produkującej tekturę falistą (produkcja 100 t/d papieru): 1,5 miliona euro [wszystkie dane pochodzą z CTP Grenoble].

Nakłady inwestycyjne mogą być podsumowane w sposób następujący:

Oczyszczanie ścieków metodą osadu czynnego: 300 - 600 euro/kg ChZT/dobę; biofiltracja: 500 euro/kg ChZT/dobę. Wielkość nakładów inwestycyjnych zależy przede wszystkim od ładunku zanieczyszczeń na dobę jaki ma być poddany procesowi oczyszczania.

**Cel wdrożenia tej techniki:** Wiele Państw Członkowskich określiło wymogi dla ścieków z papierni, według których oczyszczanie biologiczne zostało uznane za najlepszą dostępną technikę BAT na poziomie sektora przemysłu. W rezultacie wiele papierni w Europie musiało wybudować biologiczne oczyszczalnie ścieków lub inne instalacje do oczyszczania ścieków o porównywalnej wydajności.

**Przykładowe instalacje:** Wiele oczyszczalni ścieków o metodzie tlenowej pracuje w europejskich papierniach.

#### **Bibliografia:**

[Möbius, 1997 b], [Dane o nakładach inwestycyjnych z CTP, Grenoble], [PTS, 1998].

### **6.3.11 Oczyszczanie ścieków za pomocą strącania chemicznego**

Technika ta jest uznana jako rozwiązanie alternatywne lub uzupełniające dla techniki przedstawionej w rozdziale 6.3.10 „Oczyszczanie biologiczne metodą tlenową” ścieków z papierni. Oczyszczanie ścieków za pomocą strącania chemicznego może być stosowane przed lub po oczyszczaniu wstępnym i stanowi jego uzupełnienie.

**Opis techniki:** W niektórych przypadkach oczyszczanie ścieków za pomocą strącania chemicznego może być stosowane jako kompletny proces oczyszczania wtórnego (biologicznego) nie oczyszczonych ścieków z papierni - jako opcja ograniczania emisji do wody. Proces oczyszczania ścieków za pomocą chemicznego strącania wymaga dodatków

chemicznych, które zmieniają własności fizyczne rozpuszczonych ciał stałych poprzez przeprowadzenie ich w postać zawiesiny, w celu ułatwienia ich usunięcia w procesie sedymentacji lub flotacji. Stosuje się różne substancje jako odczynnik strącający. Najczęściej stosowane są: sole aluminium [ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  i  $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3nm}$ ], chlorek żelazowy ( $\text{FeCl}_3$ ), siarczan żelazowy ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ), siarczan żelazawy ( $\text{FeSO}_4$ ) lub wapno ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Dla optymalizacji procesu flokulacji w fazie mieszania stosowane są polielektrolity.

Zawiesina oraz roztwór koloidalny są oddzielane w procesie strącania i dalszej filtracji lub klarowania; usuwany jest także azot i fosfor. Oczyszczanie ścieków za pomocą chemicznego strącania umożliwia uzyskanie klarownych ścieków zasadniczo wolnych od substancji w formie zawiesiny lub stanie koloidalnym.

Metoda oczyszczania za pomocą strącania jest stosowana jako niezależna lub w połączeniu z oczyszczaniem biologicznym. Ten drugi sposób jest stosowany wtedy gdy chcemy uzyskać niższe emisje organicznych substancji (mierzonych jako ChZT i/lub BZT). Chemiczne strącanie jest stosowane wtedy, kiedy głównym problemem jest azot, fosfor i zawiesina ogólna, natomiast oczyszczanie biologiczne – kiedy problem stanowi uszczuplenie zapasów tlenu a nie eutrofizacja.

**Możliwość zastosowania i charakterystyka metody:** Proces może być stosowany zarówno w istniejących jak i nowych papierniach. Technika oczyszczania końcowego. Metoda stosowana przeważnie w mniejszych zakładach.

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** Oczyszczanie ścieków za pomocą chemicznego strącania, lub jako kompletna metoda oczyszczania wtórnego (po biologicznym), nie oczyszczonych ścieków z papierni jest głównie stosowana w celu zredukowania pożywek zwłaszcza fosforu, zawiesiny ogólnej oraz części substancji organicznych (związki nierozproszone i koloidalne). Wyniki ze szwedzkich fabryk o nie zintegrowanej produkcji, gdzie chemiczne strącanie jest stosowane jako jedyna metoda oczyszczania ścieków są podane w tabeli 6.23. Czasami oczyszczanie za pomocą chemicznego strącania jest także stosowane w połączeniu z oczyszczaniem biologicznym.

Papiernie	ChZT przed oczyszczaniem [kg/t]	ChZT po oczyszczaniu		TSS		Tot-P		Tot-N	
		kg/t	mg/l	kg/t	mg/l	g/t	mg/l	g/t	mg/l
Klippans mill, papier wysokogatunkowy	niedostępne	6,4	120	0,7	13	2	0,04	200	3,7
Hafreström, papier wysokogatunkowy	niedostępne	4,3	270	0,75	47	5	0,31	70	4,4
Silverdalen, papier wysokogatunkowy powlekany <sup>2)</sup>	niedostępne	0,7	100	0,11	16	1	0,14	50	7,1
Grycksbo, papier wysokogatunkowy powlekany <sup>1)</sup>	niedostępne	1,0	100	0,27	27	1	0,10	40	4,0
Skapafors, bibułka sanitarna	niedostępne	3,7	110	0,48	15	1	0,30	430	1,3
Nättraby, bibułka sanitarna <sup>4)</sup>	8 <sup>3)</sup>	2,5	170	0,16	11	2	0,13	30	2,0
Langasjönas, bibułka sanitarna	12 <sup>3)</sup>	3,7	190	0,18	9	2	0,10	120	6,0
Pauliström, bibułka sanitarna	5 <sup>3)</sup>	1,4	140	0,07	7	1	0,10	10	1,0

Uwagi:  
1) Grycksbo: chemiczne strącanie + oczyszczanie biologiczne ze złożem ruchomym  
2) Wytwórnia w Silverdalen: napowietrzany staw przed chemicznym strącaniem  
3) ChZT przed oczyszczaniem zawiera ChZT ogólnej zawiesiny ciał stałych  
4) Wytwórnia Nättraby posiada tylko flokulację bez oczyszczania za pomocą strącania chemicznego

**Tabela 6.23: Wydajność oczyszczania ścieków za pomocą chemicznego strącania jako wtórnego oczyszczania ścieków z papierni.** We wszystkich papierniach zastosowano chemiczne strącanie, niektóre z nich posiadają dodatkową instalację do oczyszczania ścieków [raport SEPA 4924 oraz komunikacja z personelem]; średnie wartości roczne.

Osiągane wskaźniki redukcji wynoszące ok. 97-99% dla zawiesiny ogólnej i 70% dla ChZT dotyczą ścieków surowych (przed jakimkolwiek oczyszczaniem tj. przed wstępnym osadnikiem). Redukcja ChZT wynika głównie z ograniczenia zawiesiny ogólnej. Rozpuszczalna część ChZT (i BZT) jest tylko nieznacznie zmniejszona (o 10%). Redukcja rozpuszczalnych związków złożonych jako ChZT i BZT może być osiągana w procesie biologicznego oczyszczania (patrz rozdział 6.3.10).

Stosunek ChZT/BZT w przedziale 3 po chemicznym strącaniu pokazuje, że znaczna część usuniętych ChZT zawiera substancje mniej podatne na rozkład biologiczny i dlatego potencjalnie bardziej szkodliwe. Wskazuje także, że ścieki nadają się do dalszego oczyszczania biologicznego.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** Strącanie zawiesiny ogólnej, pożywek i w mniejszym stopniu substancji organicznych za pomocą chemikaliów nieorganicznych powoduje wytwarzanie dużej ilości osadu trudnego do odwadniania, który jest często wywożony na wysypiska. Ilość wytworzonego osadu wynosi 3-6 kg/m<sup>3</sup>, który zawiera 60 do 80% wody (po prasach lub wirówkach sucha substancja stanowi ok. 20 - 40%).

Koszt chemikaliów jest dość znaczny a oczyszczanie jest selektywne; substancje obojętne nie są wychwytywane tak skutecznie jak dysocjowane jony lub cząstki koloidalne i zawiesiny. Stosowanie środków strącających powoduje wzrost zawartości soli (chlorków lub siarczanów) w ściekach. Sole metali zwykle stosowane są w zakresie od 200 do 400 g/m<sup>3</sup>.

W procesie oczyszczania energia zużywana jest przez pompy i napędy.

**Doświadczenia eksploatacyjne:** Nie odnotowano szczególnych problemów związanych ze stosowaniem tej techniki.

**Aspekty ekonomiczne:** Nakłady inwestycyjne na oczyszczanie fizyczno-chemiczne sięgają 1 miliona euro dla papierni produkującej papier drukowy o wydajności 100 t/dobę. Nakłady inwestycyjne na oczyszczanie metodą strącania chemicznego obejmują: zbiornik wyrównawczy, wyposażenie do rozpuszczania chemikaliów, wyposażenie do dozowania chemikaliów, urządzenie do strącania i flokulacji oraz osadnik. Koszty eksploatacji są nieznane.

**Cel wdrożenia tej techniki:** Zwykle metoda oczyszczania ścieków z wytwórni o nie zintegrowanej produkcji za pomocą strącania chemicznego jest stosowana wtedy, gdy należy usunąć ze ścieków pożywki, zawiesinę ogólną lub nieorganiczne cząstki nierozpuszczalne.

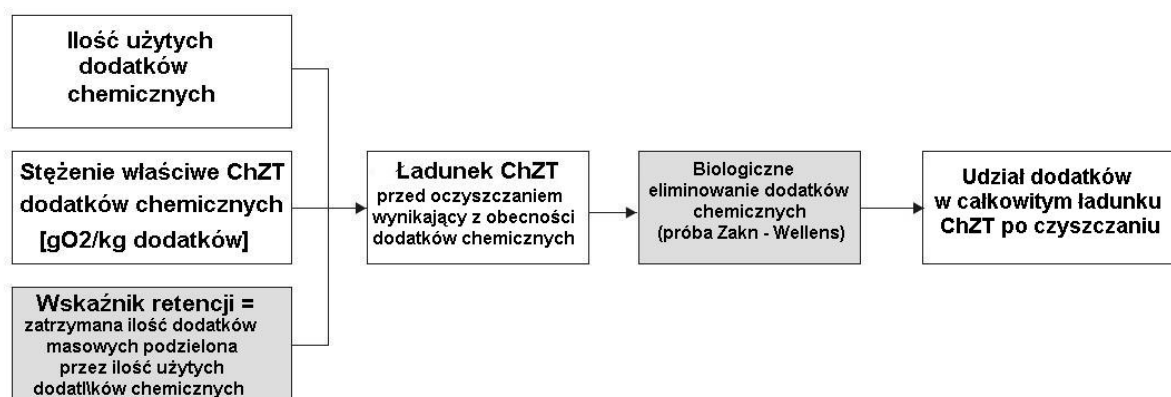
**Przykładowe instalacje:** Kilka mniejszych wytwórni w Portugalii i kilka papierni o nie zintegrowanej produkcji w Szwecji.

### 6.3.12 Zastępowanie potencjalnie szkodliwych substancji innymi substancjami o mniejszej szkodliwości

**Opis techniki:** W przemyśle papierniczym większość uwolnionych substancji może trafić do wody, ponieważ dodatki masowe są zwykle dodawane do wodnej zawiesiny włókien i wypełniaczy, i następnie są zatrzymywane w papierze lub przechodzą do wody obiegowej. Emisja do powietrza ma mniejsze znaczenie, a usuwanie odpadów może oddziaływać na glebę (kompostowanie, wykorzystywanie osadu z papierni w rolnictwie, wywożenie odpadów na wysypiska).

Spodziewany zrzut dodatków masowych do wody jest bezpośrednio związany z retencją substancji chemicznych we wstędze papieru, podatnością substancji na rozkład oraz retencją w oczyszczalni ścieków. Im wyższa retencja, tym niższy zrzut substancji do ścieków i potencjalnie mniejsze oddziaływanie na środowisko. W przypadku środków pomocniczych, zapewniających odpowiednie własności wyrobów, pożądanym jest maksymalny stopień retencji zarówno z ekonomicznego (strata środków pomocniczych), jak i ekologicznego punktu widzenia. Zadaniem środków pomocniczych jest zapewnienie papierowi odpowiednich własności, w związku z ich wysokim kosztem oraz dużą wydajnością zwykle charakteryzują się one wysoką retencją na włóknach celulozowych. Środki pomocnicze ułatwiające proces technologiczny charakteryzują się mniejszą retencją, ponieważ działają w obiegach wody w papierniach. Duża ich część jest odprowadzana wraz ze ściekami. Ponadto należy zaznaczyć, że brak własny jest zwykle ponownie roztwarzany a więc część dodatków jest zwracana do obiegu wody. Dlatego wiedza na temat retencji dodatków ma duże znaczenie. Jednak decydujące znaczenie ma podatność substancji na rozkład w środowisku naturalnym i w kumulacji w organizmach.

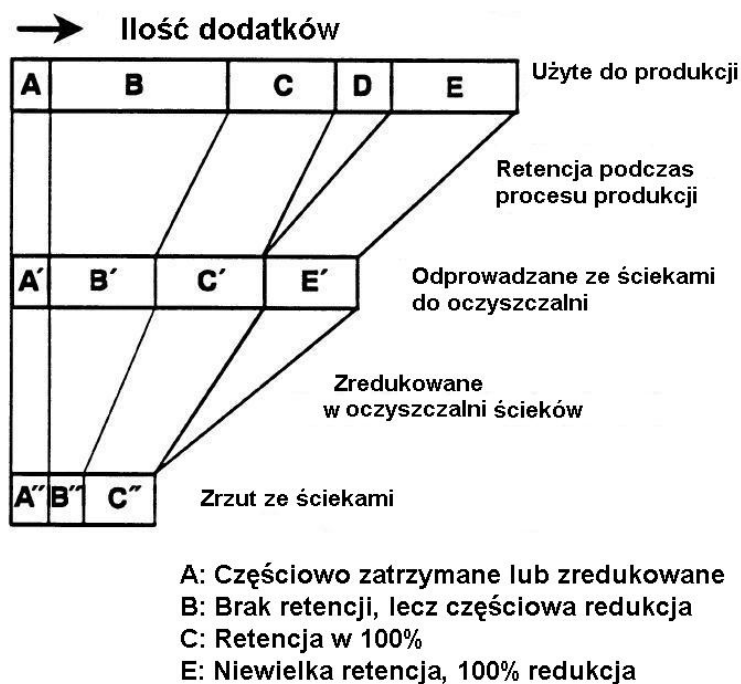
Niektóre organy ochrony wód, do oceny i zminimalizowania udziału dodatków masowych w obciążeniu ChZT po oczyszczeniu, stosują zarówno współczynniki retencji, jak i podatność na rozkład biologiczny substancji. Na przykład w Niemczech zastosowano metodę przedstawioną na rysunku 6.15. Spowodowała ona zmniejszone zużycie i/lub zastąpienie niektórych dodatków, które przyczyniały się w dużym stopniu do obciążenia ChZT po oczyszczeniu (zasada zastępowania). Ponadto fabryka musiała składać raporty wyjaśniające, jak i dlaczego zastosowano różne chemikalia.



**Rysunek 6.15:** Pragmatyczne podejście do problemu oszacowania ilości dodatków, które nie są podatne na rozkład biologiczny obecnych w ściekach z papierni po oczyszczaniu [IFP, 1997]

Oprócz ogólnej tendencji zmniejszania ilości dodatków chemicznych odprowadzanych do wody niektóre z nich mogą być zastąpione / wymienione ze względu na ochronę środowiska zwłaszcza w przypadkach, kiedy są uznane za szkodliwe i mogą być zastąpione substancjami o mniejszej szkodliwości zapewniając ten sam efekt. Należy unikać chemikaliów, które mogą zagrażać ludziom lub środowisku naturalnemu, np. takich, które zmniejszają ilość ozonu, zakłócają funkcjonowanie gruczołów dokrewnych, zawierają substancje rakotwórcze, mutagenne, reprotoksyczne (CMR). Organiczne węglowodory, takie jak benzen (rakotwórczy), tuloen (toksyczny), i ksylen (toksyczny) pochodzące z rozpuszczalników i detergentów stosowanych do mycia sit, filców i maszyn powinny być zastąpione rozpuszczalnikami mniej toksycznymi. Można stosować substancje alternatywne (np. estry), które są także do pewnego stopnia podatne na rozkład biologiczny.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** Rezultatem takiego podejścia do problemu monitorowania dodatków może być sytuacja przedstawiona na rys. 6.16. Niektóre substancje - głównie środki pomocnicze ułatwiające proces - nie są zatrzymywane ani nie ulegają biologicznemu rozkładowi (substancja A). W takim przypadku zastosowane dodatki trafiają do odbiornika ścieków. Inne substancje są częściowo zatrzymywane i częściowo eliminowane w oczyszczalni ścieków (substancja B), a jeszcze inne są zatrzymywane prawie w 100 procentach i nawet nie trafiają do oczyszczalni ścieków. Można przyjąć, że większość środków pomocniczych zapewniających odpowiednie własności wyrobów jest częściowo zatrzymywana oraz do pewnego stopnia eliminowana w oczyszczalni ścieków. Środki pomocnicze ułatwiające proces charakteryzują się niską retencją na włóknach celulozowych i dlatego zwykle trafiają do ścieków.



**Rysunek 6.16:** Schematyczne przedstawienie wędrówki dodatków chemicznych w procesie produkcji papieru z uwzględnieniem zewnętrznego oczyszczania [IFP, 1997]

**Monitorowanie:** Wymagane dane powinny być dostarczane przez dostawcę substancji.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** Zmniejszenie ilości szkodliwych dodatków w procesie uszlachetniania papieru obniży zanieczyszczenie wody oraz ilość odpadów i może być korzystne z punktu widzenia cyklu trwałości substancji chemicznych. Stosowanie środków pomocniczych korzystnych dla środowiska zapobiegnie zatrzymywaniu środków szkodliwych w wyrobach, które z kolei będą mogły być stosowane jako surowiec wtórny.

**Doświadczenia eksploatacyjne:** Nie opracowano jeszcze przejrzystego systemu informacji o dodatkach chemicznych i środkach pomocniczych, w którym producenci, importerzy i użytkownicy chemikaliów przeprowadzaliby własne szacunki cyklu trwałości substancji chemicznych, za którą ponoszą odpowiedzialność. Umożliwiłoby to przekazywanie istotnych danych z jednej firmy do drugiej i pozwoliłoby na uniknięcie powielania tych samych badań. Rządy niektórych krajów zapewniają doradztwo oraz ocenę środków chemicznych przez firmy audytowe, rządy innych krajów chcą, aby przedsiębiorstwa bardziej zaangażowały się w poprawę sprawności ekologicznej procesu produkcji chemikaliów - używając mniej surowców i zmniejszając jednostkową emisję. Przegląd rozwiązań oraz aktualnych wybranych programów oceny zagrożeń dla środowiska przez substancje chemiczne, z naciskiem na środowisko wodne podano w [EurEco, 1997].

**Aspekty ekonomiczne:** Dane są niedostępne.

**Cel wdrożenia tej techniki:** Niektóre organy ochrony wód ustaliły wymagania zmniejszenia udziału dodatków w ładunku ChZT po oczyszczeniu. Istnieją także wymagania dotyczące zmniejszenia emisji biocydów. Zawsze kiedy jest to możliwe powinny być preferowane substancje chemiczne, które ulegają rozkładowi biologicznemu, są nietoksyczne i nie ulegają

bioakumulacji. Należy unikać chemikaliów, które mogą zagrażać ludziom lub środowisku naturalnemu zwłaszcza takich, które zmniejszają ilość ozonu, zakłócają funkcjonowanie gruczołów dokrewnych oraz zawierają substancje rakotwórcze, mutagenne, reprotoksyczne (CMR).

**Przykładowe zakłady:** Ograniczona ilość zakładów w Europie.

### **Bibliografia**

[IFP, 1997], [Braunsprenger, 1996], [EurEco, 1997]

### **6.3.13 Oczyszczanie wstępne osadu (odwadnianie) przed końcowym usunięciem lub spalaniem**

**Opisu techniki:** W oczyszczalniach ścieków duże ilości osadu powstają podczas wstępnego oczyszczania, biologicznego oczyszczania z osadem czynnym oraz chemicznej flokulacji obejmującej także oczyszczanie ścieków zawierających mieszanę powlekającą. Mniejsza ilość osadu powstaje w stawach napowietrzanych oraz instalacjach beztlenowych.

Gospodarka osadami obejmuje następujące główne fazy:

- Zawracanie do obiegu osadu włóknistego z oczyszczania wstępnego. Jest często stosowane.
- Zagęszczanie i odwadnianie osadu włóknistego/biologicznego (chemicznego).
- Końcowe usunięcie odwodnionego osadu.

Zawracanie osadu włóknistego jest stosowane w przypadkach, kiedy jest to odpowiednie ze względu na wymagania produkowanych wyrobów itp. Jednak wewnętrzne odzyskiwanie włókien prowadzi do niskiej zawartości włókien w ściekach oraz niekorzystnych własności osadu, w takich przypadkach zawracanie osadu nie jest możliwe do przeprowadzenia.

Osady biologiczne i chemiczne charakteryzują się bardzo słabą odwadnialnością i zwykle muszą być mieszane z osadem włóknistym w celu spełnienia warunków odwadniania. A więc w obecności osadu biologicznego/chemicznego przynajmniej część osadu włóknistego powinna być odwodniona, a niezawracana do układu. Wysoki wskaźnik wewnętrznego odzyskiwania włókien oznacza także większe trudności z odwadnianiem osadu biologicznego/chemicznego.

Owadnianie ma na celu usunięcie możliwie jak największej ilości wody z osadu, aby ułatwić jego ostateczne usunięcie. Do operacji odwodnienia osadu stosowane są różne rodzaje urządzeń mechanicznych.

Biologiczne i chemiczne osady są zwykle zagęszczane przed odwodnieniem. Oznacza to wzrost zawartości substancji suchej z ok. 1-2 % do poziomu 3-4% lub wyższego. Zagęszczanie zwykle odbywa się w zagęszczarce grawitacyjnej, która jest w zasadzie osadnikiem z niskim ładunkiem zanieczyszczeń.

Przed odwodnieniem do osadu muszą być dodane chemikalia. Zwykle wystarcza polielektrolit. Dotyczy to szczególnie mieszanin osadu biologicznego i/lub chemicznego.

Rodzaje urządzeń odwadniających:

- prasy taśmowe (prasy dwusitowe),
- prasy ślimakowe,
- odstojniki wirowe,
- prasy z filtrem komorowym,

Większość nowych instalacji opracowanych w ciągu ostatnich 10-15 lat to prasy taśmowe, które charakteryzują się niezawodną pracą i zapewniają wysokie zawartości substancji suchej 40 - 50% dla osadu włóknistego i 25-40% dla mieszaniny osadu włóknistego /biologicznego/(chemicznego). W ostatnim czasie występuje tendencja stosowania pras ślimakowych.

Prasy ślimakowe mogą być stosowane dwojako:

- w celu zwiększenia zawartości substancji suchej po odwodnieniu w prasach taśmowych: w przybliżeniu można uzyskać wzrost substancji suchej o 10%,
- bezpośrednie odwadnianie; można uzyskać wyższą zawartość substancji suchej w porównaniu z odwadnianiem na prasie taśmowej.

Prasy ślimakowe są coraz częściej stosowane z powodu wzrastającego zainteresowania spalaniem osadu, które wymaga wysokiej zawartości substancji suchej.

Odstojniki wirowe są obecnie używane głównie do odwadniania osadów o bardzo niskich własnościach odwadniania takich jak osady chemiczne lub biologiczne (jeśli są odwadniane oddzielnie). Zapewniają niższą zawartość substancji suchej niż prasy taśmowe lub ślimakowe. W takich przypadkach można także stosować bębnowe filtry obrotowe z warstwą podkładową, które zapewniają wyższą zawartość substancji suchej. Uzyskany filtrat ma bardzo niską zawartość zawiesiny ciał stałych zwykle poniżej 10 mg/l (filtrat o wysokiej klarowności).

Podsumowując można stwierdzić, że istnieją metody odwadniania wszystkich rodzajów osadu. Mogą one zapewnić odwodnienie do takiej zawartości suchej substancji, jaka jest konieczna dla końcowego usunięcia osadu.

**Możliwość zastosowania i charakterystyka metody:** Metoda może być stosowana w istniejących oraz nowych zakładach. Obecnie niemożliwa jest eksploatacja papierni bez odwadniania, ponieważ występują problemy z usuwaniem dużych ilości nie odwodnionego osadu.

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** Odwadnianie osadu może zmniejszyć jego objętość do 20 razy.

**Środowiskowe osiągnięcia są widoczne w miejscach składowania odpadów. Jednym z skutków jest zmniejszenie zanieczyszczenia wód gruntowych.**

**Monitorowanie emisji:** Monitorowanie jest omówione w oddzielnym rozdziale.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** Osad wytwarzany w oczyszczalniach ścieków po odwodnieniu może być spalony, zapewniając w niektórych przypadkach dodatnią wartość opałową.

**Doświadczenia eksploatacyjne:** We wszystkich fabrykach produkujących papier i tekturę stosuje się wiele rodzajów urządzeń odwadniających - poczynając od filtrów bębnowych o niskiej wydajności kończąc na wysokowydajnych prasach ślimakowych. W większości przypadków sprawdziły się nowe konstrukcje pras taśmowych z filtrami do pracy przy dużych obciążeniach oraz pras ślimakowych zapewniających wysoką suchość odwodnionego osadu. Bębnowe filtry obrotowe z warstwą podkładową pracujące w sposób ciągły są także stosowane w przemyśle papierniczym. Zapewniają one wysoką zawartość suchej substancji 40-50% oraz filtrat o wysokiej czystości (10 mg zawiesiny/l), wynik ten jest uzyskany dzięki wyższej prędkości obrotowej plaacka filtracyjnego.

Jednak im wyższy jest udział osadu biologicznego w mieszaninie osadu do odwodnienia oraz wyższa wymagana suchość tym większa jest wrażliwość całego układu na jakościowe i ilościowe wahania w układzie podawania lub na inne nastawione parametry pracy.

**Aspekty ekonomiczne:** Nakłady inwestycyjne na odwadnianie osadu w papierni produkującej papier gazetowy o zdolności produkcyjnej 1 500 ADt/dobę są następujące:

Prasa sitowa	1,5 - 1,8 miliona euro
Prasa ślimakowa	1,7 - 2,0 miliony euro
Wirówka	0,7 - 0,9 miliona euro

Koszty eksploatacji, zakładając odwadnianie osadu pierwotnego i wtórnego (biologicznego), wynoszą 0,3 - 0,6 miliona euro/rocznie. Koszt w dużym stopniu zależy od składu osadu oraz od zapotrzebowania na chemikalia do procesu flokulacji.

**Cel wdrożenia tej techniki:** Przyczyną skłaniającą do wdrożenia tej techniki jest wyższa zawartość suchej substancji ułatwiająca transport i końcowe usuwanie osadu.

**Przykładowe zakłady:** Liczne zakłady na całym świecie, dla różnego rodzaju ścieków.

#### **Bibliografia:**

[J. Pöyry, 1997 b], [Finnish BAT Report, 1997 - Fiński raport nt. BAT, 1997], [SEPA-Report 4713-2, 1997 – raport SEPA 4713-2, 1997]

### **6.3.14 Opcje oczyszczania ścieków**

#### **Wstęp**

Produkcja papieru i tektury jest związana z wytwarzaniem osadu i odpadów. Europejski Katalog Odpadów (94/3/EWG) zamierza ustalić wspólną terminologię dla Państw Członkowskich Unii. Jednak w Europie stosowana jest ciągle zróżnicowana terminologia dla różnych rodzajów odpadów z przemysłu papierniczego. Europejski Katalog Odpadów wymienia następujące rodzaje odpadów z papierni:

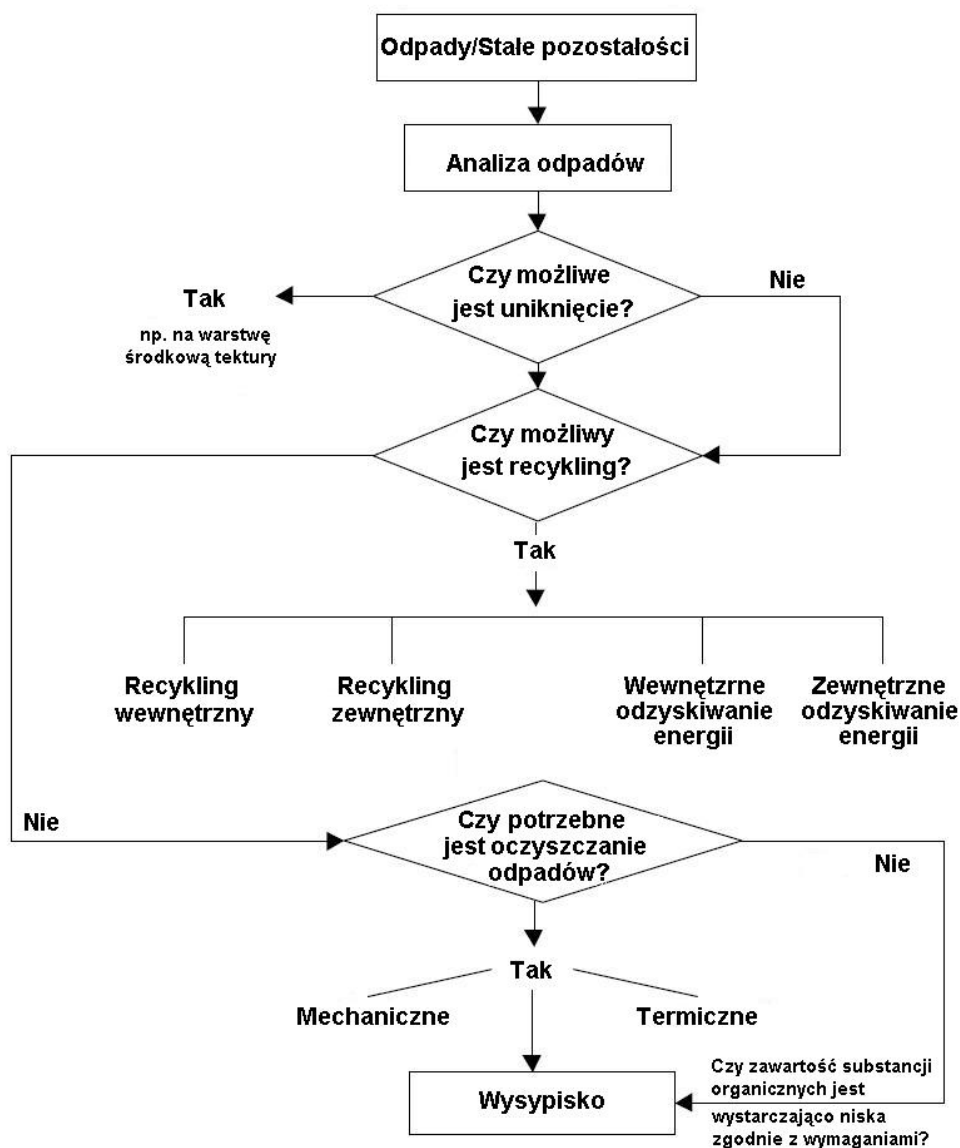
- osad włóknisty i papierniczy,
- w zakładach stosujących masę wyławianą: odrzut z recyklingu papieru i tektury oraz osad z procesu odbarwiania; patrz rozdział 5. Rozdział ten w pewnym stopniu pokrywa się z niniejszym,
- w zakładach o zintegrowanej produkcji papieru i tektury, które wytwarzają masę pierwotną: kora, osady oraz osad ługu zielonego (z oczyszczania ługu powarzelnego); patrz rozdziały 2, 3 i 4. Ten temat nie jest tutaj omawiany,
- ścieki z przygotowania wody dla celów przemysłowych,

- osady z oczyszczalni ścieków,
- inne nie wyszczególnione ścieki,

Fracje odpadów są rozdzielane i łączone w różny sposób w zależności od opcji ponownego wykorzystania/recyklingu oraz dalszego oczyszczania i usuwania odpadów. Dane dla poszczególnych odpadów są rzadko dostępne. Często podawane są dane dotyczące osadu i odrzutu, a czasami tylko osadu. Dlatego odpady z papierni są omówione poniżej jako jeden strumień materiałów.

Najważniejsze osady to odrzut z przygotowania masy, osad włóknisty i papierniczy oraz osad z oczyszczania wody. Są one wytwarzane zarówno w wytwórniach masy pierwotnej, jak i makulaturowej. Jednak ilości te są mniejsze w papierniach produkujących masę pierwotną, zwykle poniżej 50 kg/t, podczas gdy w papierniach produkujących masę makulaturową (np. w fabrykach bibułki higienicznej) są to ilości o wiele większe i mogą sięgać do 1 000 kg ds/tonę bibułki higienicznej. Skład i ilość odpadów stałych zależy od produkowanego rodzaju papieru, użytych surowców, stosowanych metod technologicznych oraz wymaganych własności papieru.

Gospodarka odpadami obejmuje zapobieganie wytwarzania odpadów, recykling materiałów, kompostowanie, odzyskiwanie energii i końcowe usuwanie. Schemat ilustrujący proces podejmowania decyzji przedstawia w sposób ogólny ważniejsze opcje gospodarki odpadami i podkreśla niektóre ważne aspekty. Nie istnieją standardowe rozwiązania gospodarki odpadami w papierniach.



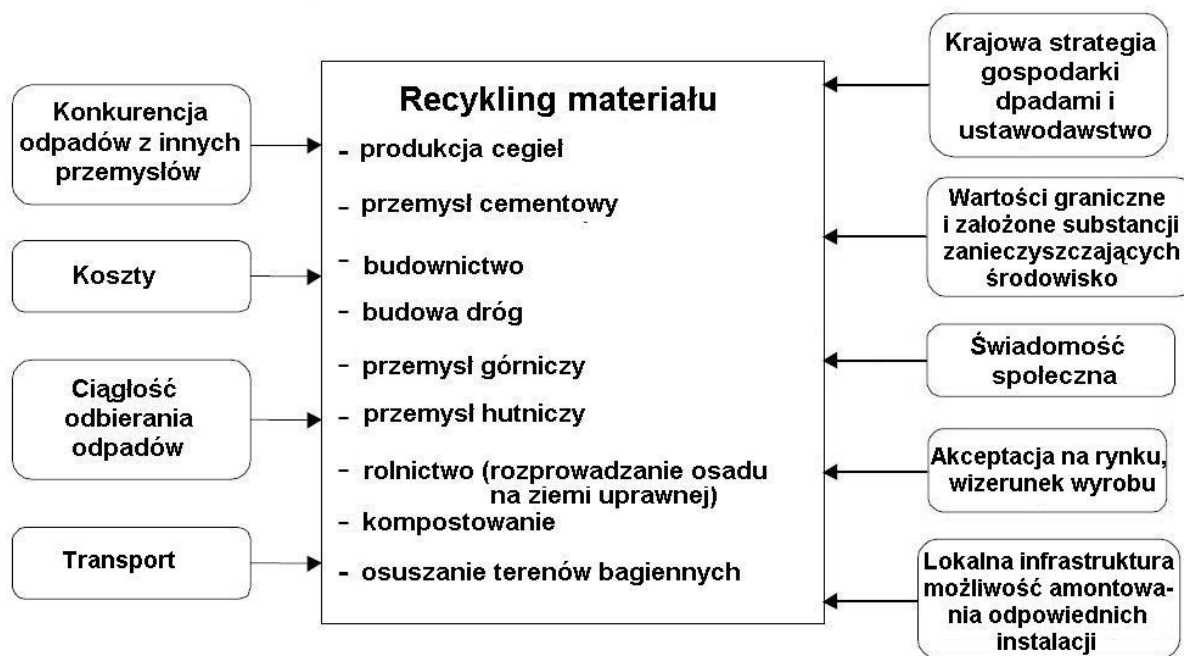
**Rysunek 6.17:** Schemat ilustrujący proces podejmowania decyzji dotyczących gospodarki odpadami z papierni [według Hamm'a, 1996]

Osady z papierni - oprócz popiołu z elektrowni lub kotłowni oraz miejscowych spalarni – charakteryzują się stosunkowo wysoką ilością materiału organicznego. Niemniej jednak w wielu europejskich krajach (np. Zjednoczone Królestwo WB i IP, Hiszpania) duże ilości odpadów są wywożone na wysypiska. Równocześnie rządy w wielu Państwach Członkowskich zniechęcają do wywożenia odpadów o wysokiej zawartości materiału organicznego na wysypiska i prawdopodobnie wkrótce będzie to zabronione. Dyrektywa UE dotycząca wysypisk będzie wytyczać tę tendencję przez określenie pułapów mających na celu ograniczenie ilości wywożonych na wysypiska odpadów podatnych na rozkład biologiczny (komunalnych). W konsekwencji w przyszłości ważną rolę odgrywać będą alternatywne metody przerobu odpadów, takie jak: recykling materiału oraz spalanie wraz z odzyskiwaniem energii. Te opcje oczyszczania są omawiane poniżej jako techniki do rozważenia podczas określania najlepszych dostępnych technik BAT. Operacje odzyskiwania odpadów, w których osady są wykorzystywane poprzez ponowne użycie lub odzyskanie niektórych lub wszystkich składników

(także energii), są preferowanymi metodami oczyszczania odpadów tam, gdzie jest to możliwe. Najlepsze dostępne techniki BAT powinny określić takie możliwości oraz spowodować wprowadzenie ich w życie. Podkreślono niektóre istotne aspekty techniczne i omówione zostały korzyści, problemy lub ograniczenia różnych opcji oczyszczania odpadów.

### Recykling materiału

Przegląd głównych opcji oczyszczania zapewniających recykling materiału oraz czynniki, które decydują o wyborze opcji oczyszczania przedstawia rysunek 6.18.



**Rysunek 6.18: Opcje recyklingu materiału z osadów z papirni oraz czynniki decydujące o wyborze danej opcji oczyszczania [Hamm, 1996; zmieniony przez EIPPCB]**

Rysunek 6.18 pokazuje, że szereg czynników ma wpływ na wybór danej opcji przez zakład. Głównymi czynnikami mogą być: miejscowa infrastruktura, koszty i konkurencyjność w stosunku do osadu z innych przemysłów. Ten drugi element jest szczególnie istotny dla wykorzystania osadu z papirni w przemyśle cementowym i w produkcji cegieł. Jeśli chodzi o transport to zasada bliskiej odległości zmniejsza niekorzystny wpływ na środowisko oraz koszty. Wykorzystanie osadu z papirni jako surowca w różnych zastosowaniach wymienionych na rysunku 6.18 zależy między innymi od miejscowej dostępności odpowiednich procesów technologicznych.

W niektórych krajach praktykuje się kompostowanie osadu z papirni lub rozprowadzanie go w glebie dla celów rolniczych. Przy takim wykorzystaniu osadu kontrola potencjalnych środków zanieczyszczających ma znaczenie decydujące. Osad z papirni zwykle nie zawiera więcej zanieczyszczeń niż osad z miejskich oczyszczalni ścieków, a jego ograniczone zastosowanie może mieć pozytywne skutki dla gleby ( $\text{CaCO}_3$  jako środek zobojętniający gleby kwaśne, zatrzymywanie wilgoci przez włókna i frakcję drobną w glebie suchej, niska zawartość azotu). Możliwe korzyści są różne w zależności od rodzaju gleby. Okresy rozprowadzania osadu w glebie są ograniczone do niektórych miesięcy w roku. Dlatego należy zbudować magazyny o odpowiedniej pojemności do przechowywania osadu.

Możliwość stosowania tej metody zależy w dużym stopniu od zaakceptowania przez Państwa Członkowskie wykorzystywania osadu do użytkowania ziemi rolniczej. W niektórych Państwach

Członkowskich praktyka ta jest popierana jako rozwiązanie korzystne ekonomicznie. W innych Państwach Członkowskich występuje niepokój wynikający z troski o glebę. Największymi problemami są, możliwość zanieczyszczenia gleby nisko stężonymi metalami ciężkimi oraz mikro-zanieczyszczeniami organicznymi, sprzeciw lokalnej społeczności z powodu uciążliwości tej metody lub problemy z wizerunkiem produktów rolniczych uprawianych na glebach, gdzie rozproszony jest osad.

W przypadku kompostowania wymagania jakościowe kompostu decydują o wprowadzeniu wyrobu na rynek. Komposty otrzymane z organicznych odpadów zmieszane z różnymi ilościami makulatury oraz osadem z przemysłu papierniczego spełniają wymagania, takie jak: stopień dojrzałości lub odpowiednie podłoże dla wzrostu roślin. Ponadto polepszone są parametry, takie jak: zawartość soli i substancji organicznych oraz emisja. Stężenie substancji szkodliwych zwłaszcza metali ciężkich powinno być uznane za czynnik ograniczający.

Inną opcją zagospodarowania osadu z papierni jest wykorzystanie go w przemyśle cementowym, w produkcji cegieł (dla poprawy porowatości) lub innych materiałów budowlanych. W przemyśle cementowym można odzyskać z osadu papierniczego zarówno materiał, jak i energię. Dla przemysłu cementowego nadaje się szczególnie osad z wstępnych klarowników (lub zmieszany z nadmiarem osadu z oczyszczania biologicznego), który zawiera włókna, frakcję drobną oraz związki nieorganiczne (np. wypełniacze, pigmenty powlekające). Osad (o zawartości wilgoci ok. 50%) jest suszony przez ciepło odpadowe z wstępnej suszarki pieca do wypalania klinkieru cementowego, a więc nie jest potrzebna dodatkowa energia do zmniejszenia zawartości wilgoci osadu do 10 - 15%. Podczas spalania wysuszonego osadu w obrotowym piecu do wypalania klinkieru cementowego wykorzystywane jest ciepło spalania substancji organicznych a popiół ze spalania osadu (w większości) pozostaje w wyrobie (cemencie). Substancje nieorganiczne w popiele ze spalonego osadu stanowią składnik klinkieru cementowego. Jeżeli wytwórnie cementu lub cegieł są zlokalizowane blisko zakładów papierniczych (krótka odległość transportu) i mogą wykorzystać osad jest to praktyczne rozwiązanie.

### **Odzyskiwanie energii**

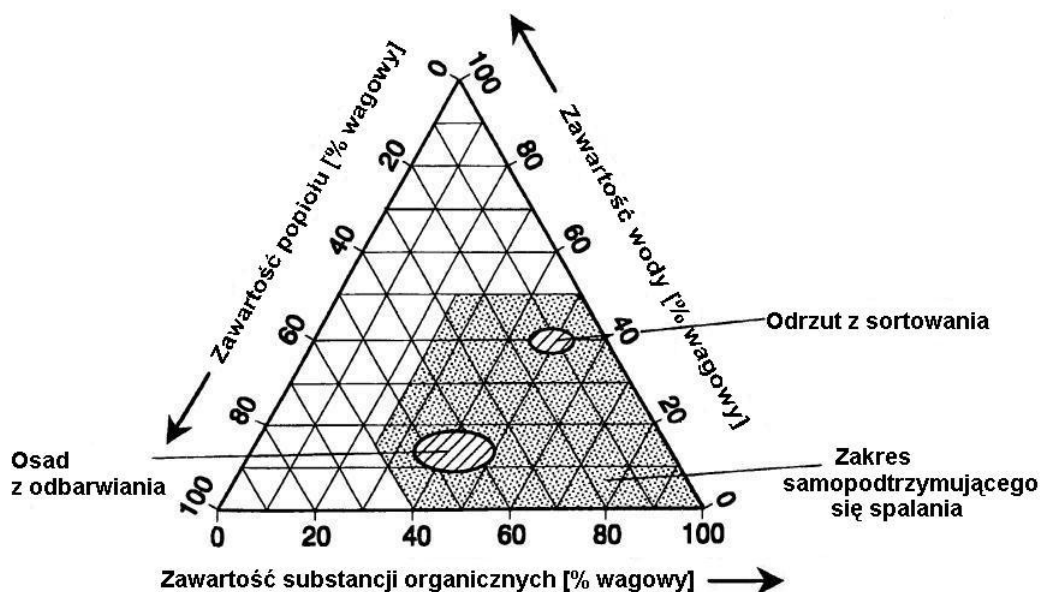
Odpady oraz osady zawierają organiczne substancje, które mogą być spalone w zakładzie lub poza nim z odzyskaniem energii (dla spalarni w zakładach o nie zintegrowanej produkcji ilość osadu do spalania nie jest wystarczająca). Piece do spalania z odzyskiwaniem energii mogą być podzielone na spalanie pojedyncze (mono) i łączone.

W piecach do spalania typu pojedynczego – zwykle z fluidalnym złożem, wielokrotnym paleniskiem lub piecem do wypalania w temperaturze od 850°C do 950°C – spalane są wyłącznie odpady z przemysłu papierniczego. Instalacje te spełniają wymagania przepisów dotyczących spalania odpadów po wprowadzeniu ograniczonej emisji i dlatego są uznane za najlepsze dostępne techniki BAT. Więcej informacji można znaleźć w rozdziale 5.3.11 niniejszego dokumentu. Popiół może być wywożony na wysypiska lub wykorzystany w przemyśle budowlanym.

Spalanie łączone odpadów z przemysłu papierniczego odbywa się w piecach do wypalania klinkieru cementowego, elektrowniach węglowych (patrz rozdział 5.3.11, przykład 2) piecach do spalania odpadów komunalnych, wielkich piecach (przemysłu hutniczego) oraz żeliwiakach (odlewnie). Dla takiej opcji nadają się szczególnie odpady o wysokiej wartości opałowej, które mogą zastąpić paliwa kopalne (np. węgiel, olej napędowy). Odpady z przemysłu papierniczego są, w tych instalacjach, zwykle mieszane z innymi paliwami spalnymi. Przed spaleniem muszą być odwodnione a czasami wysuszone (np. dla przemysłu cementowego i hutniczego). Na podstawie praktyki można stwierdzić, że im bardziej charakterystyka osadów jest zbliżona do normalnego paliwa tym łatwiej następuje spalanie łączone. Jednorodność paliwa wtórnego oraz

jednolity i stały skład osadu jest także ważny. Kontrola tych parametrów sprawia, że odpady z przemysłu papierniczego bardziej nadają się do instalacji spalania.

Rysunek 6.19 przedstawia zachowanie się odpadów papierniczych podczas spalania. Są to osady z odbarwiania, odrzut z oczyszczania i sortowania lub osady z oczyszczania ścieków. Rys. ten pokazuje powiązania pomiędzy zawartością substancji organicznych/palnych, zawartością popiołu i zawartością wody. Obszar samopodtrzymującego się spalania, gdzie nie jest potrzebne dodatkowe paliwo został dodatkowo zaznaczony.



**Rysunek 6.19: Trójkąt ilustrujący paliwa do spalania osadu z przemysłu papierniczego (dostarczony przez IFP)**

Obszary, w których umieszczono odwodniony osad z odbarwiania i odwodniony odrzut z mechanicznego oczyszczania i sortowania są zakreskowane. Samopodtrzymujące się spalanie występuje dla odrzutu o stosunkowo wysokiej wartości opałowej oraz dla osadu o stosunkowo wysokiej zawartości popiołu. Podczas spalania osadu wytwarzana energia netto równa jest zero lub jest wartością ujemną, w przypadkach gdy zawartość substancji suchej w osadzie wynosi poniżej 40% oraz osad zawiera bardzo dużą ilość materiału nieorganicznego. W takich przypadkach, jeśli osad nie jest zmieszany z korą lub innymi odpadami drzewnymi, utrzymanie dobrych warunków spalania wymaga zastosowania paliwa pomocniczego. Spalanie zmniejsza objętość odpadów a substancje nieorganiczne pozostają w postaci popiołu (ok. połowa masy może pozostać w postaci nieorganicznego popiołu), który jest wywożony na wysypisko lub wykorzystywany w jako surowiec w przemyśle budowlanym.

Wpływ łączonego spalania odpadów z papierni oraz osadu na emisję do atmosfery zależy od składu spalanego materiału. Spalanie łączone osadu włóknistego i papierniczego – zwłaszcza o wysokiej zawartości alkaliów - w elektrowniach opalanych węglem kamiennym lub brunatnym nie wpływa na emisję do atmosfery lub powoduje nieznaczne zmniejszenie substancji zanieczyszczających. Zmniejszeniu ulegają emisje  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$  i  $\text{HF}$  w trakcie łączonego spalania osadu o wysokiej zawartości alkaliów (osad z odbarwiania, osad włóknisty zawierający pigmenty do mieszanek powlekających i wypełniacze). Zawartość metali ciężkich w osadzie włóknistym i papierniczym jest niska w porównaniu z węglem i kamiennym i brunatnym.

Odrzuty z przygotowania masy z papierni wykorzystujących makulaturę do produkcji tektury falistej odznaczają się wyższą zawartością chloru (1-3% masy). Pierwsze doświadczenia z zakładu pracującego na skalę przemysłową w Niemczech pokazały, że łączone spalanie odrzutu w elektrowniach opalanych węglem brunatnym jest możliwe. Nie odnotowano wzrostu poziomu dioksyn.

Możliwości spalania osadu są zróżnicowane zależnie od Państwa Członkowskiego oraz na terenie poszczególnych krajów. Piece do spalania są czasami przyczyną sprzeciwu społeczności lokalnych.

W kombinatach celulozowo-papierniczych większa część osadu jest zwykle spalana razem z korą w kotłach korowych (patrz rozdziały 2, 3 i 4).

W papierniach o zintegrowanej produkcji celulozy i papieru piece do spalania instalowane są na terenie zakładu (patrz rozdział 5). W tych zakładach popiół i odpady z urządzeń ograniczających emisje do atmosfery, np. pył z elektrofiltrów lub gips z usuwania  $\text{SO}_2$  (jeśli jest stosowany), też muszą być poddane obróbce jako frakcje odpadów.

### **Bibliografia**

[Hamm, 1996], [Wünschmann et al., 1995a], [Wünschmann et al., 1995b], [Wünschmann et al., 1995c], [IPTS, 1997], [Guillet, 1997]

#### **6.3.15 Instalowanie technologii o niskiej emisji $\text{NO}_x$ w kotłach pomocniczych (olej, gaz, węgiel)**

**Opis techniki:** W wytwórniach papieru i tektury można stosować wiele paliw odzyskanych lub kopalnych – kora, węgiel kamienny i brunatny, olej lub gaz ziemny - do uzupełniającego wytwarzania pary. Do spalania tych paliw potrzebne są odpowiednie techniki ograniczające do minimum emisje pyłu,  $\text{SO}_2$  oraz  $\text{NO}_x$ .

Technologia niskiej emisji  $\text{NO}_x$  stosowana do spalania paliw stałych oraz odpadów z przemysłu celulozowo-papierniczego w kotłach z fluidalnym złożem jest omówiona w paragrafie 2.3.20. Węgiel kamienny i brunatny dobrze nadają się do spalania jako paliwo główne lub pomocnicze w instalacjach z fluidalnym złożem, które dzięki dokładnej kontroli pracy zapewniają niski poziom  $\text{NO}_x$ .

W konwencjonalnych kotłach opalanych olejem lub gazem ziemnym, konstrukcja palników podających mieszankę paliwa i powietrza powinna zapewnić warunki spalania przy niskim  $\text{NO}_x$ . Węgiel lub torf są także często spalane w postaci drobno zmielonego pyłu w konwencjonalnych kotłach; są podawane przez palniki o specjalnej konstrukcji zapewniającej spalanie przy niskim  $\text{NO}_x$ .

Powietrze pierwotne do spalania jest doprowadzane przez palnik w postaci mieszanki z paliwem. Powietrze wtórne i trzeciorzędne jest dostarczane oddzielnie ma to na celu utrzymanie równowagi pomiędzy tymi rodzajami powietrza (powietrzem pierwotnym, wtórnym i trzeciorzędnym) w strefie płomienia. Zapewnienia to spalanie przy niskim  $\text{NO}_x$ . W razie potrzeby, dla zakończenia procesu spalania paliwa, część powietrza może być podawana do strefy nad płomieniem.

Celem wielostopniowego podawania powietrza jest spalanie paliwa bez jego nadmiaru a nawet

w warunkach ograniczonego dostępu powietrza, oznacza to, że:

- Nie ma wystarczającej ilości tlenu do wytwarzania wysokiego stężenia  $\text{NO}_x$ . Temperatura płomienia jest niższa niż w konwencjonalnych palnikach, co powoduje dalsze zmniejszenie stężenia  $\text{NO}_x$ .
- Część wytworzonych  $\text{NO}_x$  ulegnie redukcji do elementarnego azotu na przykład kiedy resztkowa ilość paliwa będzie spalana w zewnętrznej strefie płomienia lub poza nią.

**Możliwość zastosowania i charakterystyka metody:** Palniki zapewniające niski poziom emisji  $\text{NO}_x$  i wielostopniowe podawanie powietrza mogą być stosowane zarówno w istniejących jak i nowych kotłach.

W przypadku stosowania sproszkowanych paliw stałych takich jak węgiel lub torf należy pamiętać, że jeżeli charakteryzują się one wysoką wilgotnością to powinny być wstępnie suszone - w celu ułatwienia szybkiego i sprawnego spalania. Poza tym wymagają wstępnego podgrzania powietrza doprowadzanego do strefy spalania, zapewni to szybki zapłon i całkowite spalanie.

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** W porównaniu z konwencjonalnymi palnikami o emisji  $\text{NO}_x$  na poziomie 250-500 mg/MJ zastosowanie palników o niskiej emisji  $\text{NO}_x$  pozwoli osiągnąć znacznie niższe poziomy emisji z komina. Uzyskane poziomy emisji przedstawione w tabeli 6.24 są podzielone według rodzajów stosowanego paliwa oraz na kotły istniejące i nowe. Najlepsze osiągnięte wyniki oznaczają, że wartości uzyskano w kilku nowych instalacjach. Ogólnie osiągnięte wyniki oznaczają, że wartości uzyskano w większości zakładów. Wartości odnoszą się do 3% zawartości tlenu i 7% - węgla.

Parametr	Instalacja	Paliwo	Wyniki ogólnie osiągnięte		Wyniki najlepsze	
			(mg/Nm <sup>3</sup> )	mg/MJ	(mg/Nm <sup>3</sup> )	mg/MJ
NO <sub>x</sub>	Nowa	Gaz	70 - 100	20 - 30	30 - 100	9 - 30
		ziemny/biogaz	120 - 200	35 - 60	150	45
		Olej lekki/olej napędowy <sup>2)</sup>	300 - 450	90 - 135	300	90
		Olej ciężki	300 <sup>1)</sup> - 500	115 <sup>1)</sup> - 190	250 <sup>1)</sup> - 280	90 <sup>1)</sup> - 100
		Węgiel				
NO <sub>x</sub>	Istniejąca	Gaz	70 - 200	20 - 60		
		ziemny/biogaz	150 - 250	45 - 75		
		Olej lekki/olej napędowy <sup>2)</sup>	400 - 450	115 - 135		
		Olej ciężki	300 <sup>1)</sup> - 500	115 <sup>1)</sup> - 190		
		Węgiel				
SO <sub>2</sub>	Nowa	Gaz	0 - 35 <sup>3)</sup>	0 - 10 <sup>3)</sup>	35 <sup>3)</sup>	10 <sup>3)</sup>
		ziemny/biogaz	350 <sup>3)</sup>	100 <sup>3)</sup>	250 <sup>3)</sup>	75 <sup>3)</sup>
		Olej lekki/olej napędowy <sup>2)</sup>	850 - 1700 <sup>4)</sup>	250 - 500 <sup>4)</sup>	850 <sup>4)</sup>	250 <sup>4)</sup>
		Olej ciężki	400 - 2000 <sup>4)</sup>	150 - 750 <sup>4)</sup>	400 - 2000 <sup>4)</sup>	150 - 750 <sup>4)</sup>
		Węgiel				
SO <sub>2</sub>	Istniejąca	Gaz	0 - 35 <sup>3)</sup>	0 - 10 <sup>3)</sup>		
		ziemny/biogaz	350 <sup>3)</sup>	100 <sup>3)</sup>		
		Olej lekki/olej napędowy <sup>2)</sup>	1700 <sup>4)</sup>	500 <sup>4)</sup>		
		Olej ciężki	400 - 2000 <sup>4)</sup>	150 - 750 <sup>4)</sup>		
		Węgiel				
Pył (z filtra elektrostatycznego)	Nowa	Gaz	0 - 5	0 - 1,5	0 - 5	0 - 1,5
		ziemny/biogaz	brak danych	brak danych	brak danych	brak danych
		Olej lekki/olej napędowy <sup>2)</sup>	50 - 80 <sup>5)</sup>	15 - 25 <sup>5)</sup>	10 - 50 <sup>5)</sup>	3 - 15 <sup>5)</sup>
		Olej ciężki	< 50	< 20	10 - 50	4 - 20
		Węgiel				
Pył (z filtra elektrostatycznego)	Istniejąca	Gaz	0 - 5	0 - 1,5		
		ziemny/biogaz	brak danych	brak danych		
		Olej lekki/olej napędowy <sup>2)</sup>	50 - 80 <sup>6)</sup>	15 - 25 <sup>6)</sup>		
		Olej ciężki	50 - 150 <sup>6)</sup>	20 - 60 <sup>6)</sup>		
		Węgiel				

Uwagi:  
1 Technologia złoża fluidalnego  
2 W zależności od zawartości N w paliwie  
3 W zależności od zawartości S w paliwie  
4 W zależności od zawartości S, wielkości i rodzaju instalacji; emisja siarki z kotłów opalanych węglem i olejem zależy od dostępności oleju i węgla o niskiej zawartości siarki. Można ograniczyć zawartość siarki przez wtyskiwanie wapienia.  
5 W zależności od zawartości S i rodzaju instalacji.  
6 W zależności od wielkości instalacji.

**Tabela 6.24: Osiągnięte poziomy emisji (średnia dzienna) z kotłów o niskiej emisji NO<sub>x</sub> (stosowana wyłącznie technologia spalania) oraz usuwanie pyłu za pomocą filtrów elektrostatycznych [dane opracowane na podstawie dużej liczby zakładów w Niemczech]**

**Monitorowanie emisji:** Można monitorować emisję za pomocą mierników NO<sub>x</sub> w trybie „on-line”. W ustaleniu czy utrzymywane są warunki spalania przy niskiej emisji NO<sub>x</sub> mogą być pomocne także mierniki tlenu.

Dla zapewnienia dokładnych pomiarów należy pobierać próbki w obiekcie i przeprowadzać badania laboratoryjne.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** Brak większego wpływu.

**Doświadczenia eksploatacyjne:** Palniki zapewniające niski poziom emisji NO<sub>x</sub> zostały zamontowane w kotłach zmodernizowanych oraz nowych.

**Aspekty ekonomiczne:** Nakłady inwestycyjne zwykle wynoszą 0,6 - 0,9 miliona euro dla produkcji papieru 1 000 ADt/dobę. Koszty eksploatacyjne wzrastają: 0,1 - 0,2 miliona euro/rocznie.

**Cel wdrożenia tej techniki:** Emisje do atmosfery z papierni o nie zintegrowanej produkcji celulozy i papieru pochodzą głównie z kotłów parowych i elektrowni. Są to z reguły zakłady ze standardowymi kotłami i nie różnią się od innych elektrowni. Zakłada się, że są kontrolowane podobnie jak inne elektrownie o tej samej wydajności. Palniki zapewniające niski poziom stężeń NO<sub>x</sub> są stosowane głównie w celu zmniejszenia emisji NO<sub>x</sub> z kotłów pomocniczych.

**Przykładowe zakłady:** Liczne zakłady papiernicze w Północnej i Zachodniej Europie.

#### **Bibliografia:**

[J. Pöyry, 1997 b], [Finnish BAT Report - Fiński raport nt. BAT, 1997], [Ministerstwo Edukacji, 1994], [Dane dostarczone przez niemiecką EPA (Agencję Ochrony Środowiska), 1999]

### **6.3.16 Wykorzystanie połączonego wytwarzania ciepła i energii**

Patrz rozdział 5.3.9

### **6.3.17 Optymalizacja odwadniania w części prasowej maszyny papierniczej (prasy o rozszerzonej strefie styku)**

**Opis techniki:** Maszyna papiernicza to jeden wielki proces odwadniania. Składa się ona z trzech głównych części:

- Części sitowej, gdzie odbywa się proces formowania wstęgi oraz w pierwszym etapie odwadnianie grawitacyjne a następnie odsysanie próżniowe.
- Części prasowej, gdzie odbywa się dalsze odwadnianie mokrej wstęgi metodami mechanicznymi.
- Części suszącej, gdzie odbywa się suszenie wstęgi aż do uzyskania końcowej suchości przez odparowanie na cylindrach podgrzewanych parą.

Po części prasowej (patrz także rysunek 6.1) suchość wstęgi wynosi zwykle 45-50%, tj. pozostaje ok. 1 kg wody/1 kg wsadu. Do odparowania tych ostatnich „kropli wody” potrzebna jest długa część susząca zużywająca dużo energii.

W maszynie papierniczej większość energii jest zużywana na suszenie papieru (para: 572 kWh/t). Energia elektryczna jest potrzebna do napędu walców i cylindrów (energia elektryczna: 100 kWh/t) oraz do wytwarzania próżni (energia elektryczna: 67 kWh/t). Im wyższa suchość wstęgi papieru po części prasowej tym niższe zapotrzebowanie na energię cieplną do końcowego suszenia papieru. Wzrost suchości wstęgi papieru wchodzącej do części suszącej o 1 % umożliwia zaoszczędzenie ok. 4% ciepła (para niskociśnieniowa o ciśnieniowa, ok. 2 barów). Dlatego należy podjąć działania, dla uzyskania jak najwyższej suchości wstęgi w procesie prasowania w części mokrej.

W konwencjonalnej prasie ze strefą styku, docisk w strefie styku osiągnął górną wartość graniczną i nie może być już zwiększony w celu poprawy odwadniania w części prasowej. Zastąpienie konwencjonalnych pras o krótkiej strefie styku prasami o szerokiej strefie styku tzw. prasami typu „shoe”, tj. ze stałym elementem odwadniającym umożliwia uzyskanie wyższego impulsu prasowania niż w prasach konwencjonalnych, przez co zapewniamy bardziej intensywne odwadnianie mokrej wstęgi oraz wyższą suchość wstęgi po części prasowej. Stały element odwadniający (shoe) jest dociskany hydraulicznie do przeciwwalca. Taka konstrukcja prasy zapewnia znaczne rozszerzenie strefy prasowania i wydłużenie czasu kontaktu w strefie styku w porównaniu z konwencjonalnymi prasami. Wysoka suchość po prasach pozwala na zaoszczędzenie energii w procesie suszenia oraz płynność eksploatacyjną w sekcji suszącej z uwagi na dobrą wytrzymałość wstęgi w stanie mokrym.

**Możliwość zastosowania i charakterystyka metody:** Technika zintegrowana z procesem. Prasa ze stałym elementem odwadniającym może być stosowana zarówno w nowych jak i pracujących maszynach do produkcji większości rodzajów papieru (oprócz bibułki sanitarnej), pod warunkiem, że w części prasowej jest odpowiednia przestrzeń i konstrukcja budynku pozwala na zamontowanie ciężkiej prasy ze stałym elementem odwadniającym. Fundamenty muszą być przystosowane do ciężkiego wyposażenia tej prasy. W niektórych przypadkach należy zwiększyć maksymalny udźwig suwnicy w hali maszyny z powodu większego ciężaru walców prasy ze stałym elementem odwadniającym. Z powodu wysokich dodatkowych nakładów inwestycyjnych, w przypadku mniejszych maszyn, o zmniejszonej szerokości roboczej poniżej 2,5 m, korzyści ekonomiczne są wątpliwe.

Dla gatunków papieru gdzie ważna jest objętość, przeważnie papierów bezdrzewnych, zalecany jest długi element odwadniający (250 mm) o niskim docisku (600 kN/m). Natomiast do produkcji papierów drzewnych można stosować krótszy element odwadniający (180 mm) o wyższym docisku (800 kN/m).

Opracowano także prasę ze stałym elementem odwadniającym dla maszyn szybkobieżnych (obecnie do 2000 m/min).

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** Wpływ na środowisko jest związany z zaoszczędzeniem energii cieplnej potrzebnej do suszenia papieru. Po zainstalowaniu prasy ze stałym elementem odwadniającym w istniejących maszynach do produkcji papieru opakowaniowego i tektury odnotowano wzrost suchości w zakresie od 5 do 15% [IFP, 1998]. Oczywiście taki wzrost zależy znacznie od poprzedniej wydajności przebudowanej części prasowej oraz od wybranej konstrukcji prasy.

W jednym przypadku przebudowa sekcji prasowej spowodowała wzrost suchości o 6% po zamontowaniu prasy ze stałym elementem odwadniającym. Jednostkowe zapotrzebowanie pary do suszenia papieru zostało zmniejszone z 2,13 do 1,76 tony pary na tonę papieru, co pozwoliło na zaoszczędzenie 18% energii cieplnej. Redukcja emisji do atmosfery z procesu wytwarzania energii zależy w dużej mierze od rodzaju stosowanego paliwa kopalnego. W omawianym zakładzie rocznie zaoszczędzono 46 000 ton pary (co odpowiada 5,1 miliona m<sup>3</sup> gazu ziemnego i zmniejszonej emisji CO<sub>2</sub> o 8 900 ton).

W prasie ze stałym elementem odwadniającym długość części prasowej, ilość komponentów i suszników, a także okres użytkowania suszników pozostaną niezmiennymi także przy zwiększonej produkcji. Strefa docisku stałego elementu odwadniającego jest strefą miękką. Występuje mniejsze zapotrzebowanie na konserwację, niższe zużycie sit susznikowych a tym samym mniejsza ilość odpadów występuje również zmniejszenie hałasu i wibracji. Oznacza to,

że emisje na tonę papieru są niższe.

Prasa ze stałym elementem odwadniającym jest sposobem zwiększenia prędkości maszyny przy utrzymaniu płynności eksploatacyjnej. Wysoka sprawność umożliwia oszczędności surowców i energii oraz zapewnia wyższy efektywny czas pracy przy zmniejszonej ilości odpadów. Wysoka suchość po prasach oznacza niższe zapotrzebowanie na energię a tym samym niższą emisję podczas wytwarzania energii.

W maszynach o ograniczonej wydajności suszenia zmniejszenie wilgotności o 1% przekłada się na 4-5%-owy wzrost wydajności. Jeżeli wydajność suszenia maszyny papierniczej nie jest ograniczona można uzyskać odpowiednio niższe zużycie pary w części suszącej. Oszczędności pary w części suszącej mogą wynosić do 170 kWh/t.

Jednak dla danej gęstości papieru poprawa suszenia zależy od składu włóknistego. W przypadku papierów bezdrzewnych zastosowanie prasy ze stałym elementem odwadniającym powoduje wzrost suchości po prasach o ok. 3 – 5%. Dla gatunków drzewnych wzrost suchości wynosi ok. 4 - 7%. Różnica ta jest jeszcze większa - do 12 % - dla maszyn szybkobieżnych, ponieważ przy dłuższym czasie przebywania wstęgi w strefie prasowania ze stałym elementem odwadniającym, suchość pozostanie na wysokim poziomie przy zwiększonej prędkości maszyny. Podczas produkcji papierów drzewnych można wykorzystać pełną wydajność prasy, ponieważ najlepsze własności papieru można osiągnąć przy wysokim docisku w strefie styku.

Wymiana prasy walcowej na prasę ze stałym elementem odwadniającym w maszynie papierniczej zwykle pozwala oszczędzić od 20 do 30% energii zużywanej w procesie suszenia.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** Zastąpienie konwencjonalnej strefy styku walców strefą rozszerzoną nie ograniczy w znaczący sposób zapotrzebowania na energię elektryczną. Prasa ze stałym elementem odwadniającym charakteryzuje się wyższym jednostkowym zużyciem energii elektrycznej. Kompensowane jest ono mniejszą ilością stref docisku. Zmniejszone zużycie energii cieplnej można przeliczać na emisję, której udało się uniknąć. Można ją oszacować posługując się danymi mówiącymi o jednostkowej emisji podczas wytwarzania pary. Należy jednak uwzględnić to, że zmniejszenie emisji do atmosfery zależy od rodzaju paliwa kopalnego stosowanego w elektrowni.

Wzrost suchości po prasie ze stałym elementem odwadniającym powoduje wzrost gęstości pozornej i spoistości wewnętrznej wysuszonej wstęgi. Zależność jest niemal liniowa. Wyższa wytrzymałość wstęgi papieru zwykle poprawia sprawność eksploatacyjną maszyny papierniczej z powodu mniejszej ilości zrywów wstęgi. W rezultacie uzyskujemy wyższą wydajność maszyny. Dla przykładu, jeśli po zamontowaniu prasy ze stałym elementem odwadniającym ilość niezaplanowanych zrywów wstęgi zmniejszy się dwukrotnie w ciągu doby (czas trwania przerwy 20 min) to dobowy wydajność maszyny wzrośnie o prawie 3%.

Jeśli zdolność produkcyjna maszyny papierniczej jest ograniczona z powodu wydajności suszenia, zmniejszone zapotrzebowanie pary do suszenia po zamontowaniu prasy ze stałym elementem odwadniającym umożliwia zwiększenie prędkości maszyny. W takich przypadkach, produkcja może być zwiększona o 20% przy tej samej ilości pary jak przed przebudową prasy.

Jeśli para jest wytwarzana w elektrowni w sposób łączony, wówczas niższe zapotrzebowanie pary do suszenia spowoduje wytworzenie mniejszej ilości energii elektrycznej. W tym przypadku energię trzeba kupować z sieci państwowej. Jeśli prędkość maszyny papierniczej jest ograniczona przez napęd, zamontowanie prasy ze stałym elementem odwadniającym przyczynia się do oszczędności energii cieplnej oraz zwiększenia zdolności produkcyjnej maszyny

papierniczej wynikającej z mniejszej ilości zrywów wstęgi i z dłuższego efektywnego czasu pracy.

**Operacyjne doświadczenia:** Jednym z przykładów przebudowy prasy jest zakład Nordland Papier w Niemczech. W zwartym układzie części prasowej z prasą o trzech strefach styku w maszynie produkującej papier przebitkowy w ostatniej strefie styku zamontowano prasę ze stałym elementem odwadniającym. Po przebudowie sekcji prasowej suchość wstęgi wzrosła o 3-4 punkty procentowe. W tym samym czasie prędkość produkcyjna wzrosła z 850 m/min do 1200 m/min, co przyniosło wzrost produkcji o 30%. W celu zapewnienia takiej poprawy suchości zastosowano w prasie docisk liniowy 500-600 kN/m. Późniejsza produkcja pobiła wszelkie rekordy i maszyna po przebudowie osiągnęła najwyższą wydajność produkcji papieru wysokogatunkowego na świecie. Oszczędności jednostkowego zapotrzebowania pary do suszenia papieru wyniosły 30%.

Podobne wyniki osiągnięto w wielu innych przebudowanych instalacjach na całym świecie w ciągu ostatnich lat. Na świecie pracuje wiele instalacji tego typu.

**Aspekty ekonomiczne:** Nakłady inwestycyjne na prasę ze stałym elementem odwadniającym dla maszyny papierniczej o szerokości roboczej 5 m wynoszą ok. 10 milionów euro (uwzględniając całą instalację). Koszty eksploatacji obejmujące filce, pokrycie walców, szlifowanie walców, energię do napędu prasy ze stałym elementem odwadniającym są mniej więcej takie same jak koszty eksploatacji prasy konwencjonalnej. Oszczędności pary do suszenia papieru wahają się od 10 do 15 euro/tonę pary co daje jednostkowe zużycie pary na poziomie 2 ton pary na tonę papieru i oszczędności od 20 do 30 euro/tonę papieru.

Okres zwrotu nakładów poniesionych na przebudowę prasy wynosi zwykle ok. 2,5 roku o ile nie ma innych ograniczeń zwiększenia prędkości maszyny.

**Cel wdrożenia tej techniki:** Istnieje kilka przyczyn skłaniających do wdrożenia tej techniki. Oprócz lepszych właściwości wytrzymałościowych można uzyskać oszczędności wynikające ze zmniejszonego zapotrzebowania na parę do suszenia papieru przy stałej jego produkcji lub wydajność produkcji może być zwiększona przy identycznych kosztach eksploatacji. Wyższa suchość przynosi oszczędności energii. Koncepcja konstrukcji części prasowej może być uproszczona. Prasa ze stałym elementem odwadniającym jest kluczowym komponentem dalszego wzrostu prędkości maszyny. W nowoczesnych szybkobieżnych maszynach papierniczych wymagana długość części suszącej jest o 35% krótsza dzięki jednej poszerzonej strefie styku w części prasowej. Lepsze odwadnianie wpływa na poprawę jakości wyrobu (wyższą jednolitość papieru).

**Przykładowe zakłady:** Z powodu wyższej wydajności odwadniania prasa ze stałym elementem odwadniającym została początkowo zastosowana do produkcji kartonu na pokrycie tektury falistej na początku lat 80-tych a 10 lat później została zamontowana na maszynie papierniczej. Na świecie pracuje szereg przebudowanych i nowych maszyn szybkobieżnych, w których zastosowano konstrukcję prasy ze stałym elementem odwadniającym. Od 1997 wszystkie nowe szybkobieżne maszyny papiernicze są wyposażone w prasy ze stałym elementem odwadniającym. Na przykład na początku 1998 roku nowa maszyna produkująca papier powlekany o niskiej gramaturze (LWC) w Finlandii oraz maszyna papiernicza produkująca papier kalandrowany (S.C.) w Kanadzie zostały uruchomione z prasą ze stałym elementem odwadniającym w trzeciej strefie styku. Pół roku po rozruchu były to dwie najszybsze maszyny na świecie produkujące papier powlekany o niskiej gramaturze i papier kalandrowany o prędkości produkcyjnej wynoszącej ponad 1 600 m/min. Maszyna papiernicza produkująca papier wysokogatunkowy z dwoma rozszerzonymi strefami styku została uruchomiona w USA

latem 1998 roku.

W Niemczech pracują następujące instalacje produkujące papier siarczanowo-makulaturowy na pokrycie tektury falistej oraz papier na warstwę pofalowaną tektury falistej (w kolejności alfabetycznej): Papierfabrik Adolf Jass/Fulda, Papierfabrik Klingele/Weener, Papierfabrik Schoellershammer/Düren, Papier- und Kartonfabrik Varel/Varel, SCA Packaging Industripapier/Aschaffenburg, Stone Europa Karton Aktiengesellschaft Papier- und Kartonfabrik Hoya/Hoya, Zülpich Papier/Zülpich

#### **Bibliografia:**

[IFP, 1998] To źródło cytuje inną literaturę na temat tej techniki (tylko w j. niemieckim).

### **6.3.18 Oszczędności energii dzięki zastosowaniu energooszczędnych technologii**

#### **Uwagi wstępne**

Istnieje wiele możliwości zaoszczędzenia energii w poszczególnych fazach procesu produkcji papieru. Zwykle jest to związane z inwestycjami wymiany, przebudowy lub modernizacji wyposażenia technologicznego. Jednak działania te nie są podejmowane wyłącznie w celu zaoszczędzenia energii. Wzbudzają one powszechne zainteresowanie, ponieważ równocześnie zwiększają wydajność produkcyjną, podnoszą jakość wyrobu i zmniejszają koszty ogólne. Dlatego techniki energooszczędne powinny być uwzględnione we wszystkich aspektach i na wszystkich poziomach procesu produkcji papieru. Podczas omawiania energooszczędnych technik należy pamiętać o powiązaniu energetyki i technologii (efekt synergiczny). Większość z nich może zapewnić korzyści technologiczne oraz zwiększoną wydajność.

Ogólnie mówiąc dla technologii energooszczędnych ilość informacji dostępnych do opisu technik uznanych za najlepsze dostępne techniki BAT nie była wystarczająca. Poza tym ich wyczerpujący opis zająłby zbyt dużo miejsca. Dlatego w tabeli 6.25 wymieniono tylko niektóre energooszczędne technologie bez szczegółowego opisu zalet i wad, bez podania faktycznych uzyskanych oszczędności energii, oddziaływania na procesy i środowisko czy aspektów ekonomicznych poszczególnej techniki. W tabeli 6.25 podano ogólne wskazówki dotyczące dostępnych energooszczędnych technik oraz teoretyczne możliwości ograniczenia zużycia energii cieplnej i elektrycznej.

Zakres obecnego zastosowania tych technik w każdym z Państw Członkowskich zależy od zaawansowania rozwoju przemysłu, wielkości zakładów papierniczych, zrozumienia problemów energetycznych w przedsiębiorstwach i polityki w dziedzinie energetyki realizowanej w danym kraju.

Możliwość stosowania technik energooszczędnych nie jest sprecyzowana i być może będzie potrzebna bardziej dokładna analiza tego problemu.

Technologia energooszczędna	Rodzaj oraz ilość potrzebnej energii	% oraz ilość zaoszczędzonej energii	Uwagi
Rozwłóknianie przy wysokim stężeniu	Energia el. dla pomp i wirników; 60 kWh/t	33%; 20 kWh/t	Uzyskano dzięki optymalizacji konstrukcji wirnika
Stosowana najlepsza praktyka mielenia	Energia el. dla silników napędowych; 100 -500 kWh/t	20%; 80 kWh/t	Zależy od własności wyrobu; różna dla różnych gatunków papieru i wsadów
Formowanie wstęgi przy wysokim stężeniu	Energia el.; 200 kWh/t	20%; 40 kWh/t	Już stosowana dla makulatury
Formowanie na maszynie dwusitowej	Napęd	Brak danych	Nie jest jeszcze stosowane dla oszczędności energii
Zoptymalizowane układy próżniowe	Energia elektryczna	25%	
Układ napędu o regulowanej prędkości	Energia elektryczna	Brak danych	
Silniki elektryczne o wysokiej sprawności	Energia elektryczna	Brak danych	
Odpowiednia wielkość silników elektrycznych	Energia elektryczna	Brak danych	
Prasy gorące lub	Energia cieplna w części suszącej	15 - 20%	Przeważnie masa makulaturowa
Prasy z rozszerzoną strefą docisku (shoe)	Energia cieplna w części suszącej	15 - 20%	
Poprawa profilu wilgotności wstęgi w kierunku poprzecznym przy zastosowaniu promienników na podczerwień	Energia cieplna w części suszącej	1 - 2%	Ograniczony zakres przegrzewania
Regulacja wilgotności powietrza wyciągowego	Energia cieplna	10%	Umożliwia regulację i ograniczenie przepływu powietrza
Rekuperacja ciepła z powietrza wyciągowego	Energia cieplna	10%	Patrz poniższy opis
Odzyskiwanie kondensatu	Energia cieplna	10%	Woda może być zawracana i ponownie używana
Powietrze do wentylacji ogrzewane bezpośrednio gazem	Energia cieplna	40%	Stosowane przeważnie w osłonie wentylacyjnej maszyn do produkcji bibułki sanitarnej
Zwiększenie substancji suchej na prasie zaklejającej	Energia cieplna dla sekcji suszącej po prasie zaklejającej	Obciążenie suszenia może być zmniejszone o 48%	Pozwala na ograniczenie ilości braku

**Tabela 6.25: Etapy procesu technologicznego, gdzie możliwe są oszczędności energii oraz ich skutki [DG XVII, 1992]. Potencjalne możliwości zaoszczędzenia energii zależą od obecnego poziomu zużywanej energii w danej papirni**

Reasumując, możliwości oszczędności energii: rejony, w których możliwa jest bezpośrednia oszczędność energii, to: mielenie, prasowanie i suszenie. Jednak po wprowadzeniu zmian, których celem jest „dobre gospodarowanie”, suszenie to najbardziej kapitałochłonny proces, który powinien być zmodyfikowany. Rozwłóknianie, formowanie oraz zaklejanie na prasie to procesy, które dają mniejsze oszczędności energii, lecz oferują zalety efektu synergicznego.

Oprócz wyboru odpowiednich technologii ważny jest także sposób pracy (praca przy wysokim współczynniku sprawności energetycznej) oraz gospodarka energetyczna w zakładzie. Często nie eksploatuje się wyposażenia przy zachowaniu optymalnej sprawności energetycznej. Lepsza

gospodarka energetyczna w zakładzie może przynieść jeszcze większe oszczędności energii. Metoda oszczędności wynikająca z zoptymalizowania gospodarki energią cieplną w zakładach papierniczych może być odpowiednim narzędziem zapewniającym energetyczne zoptymalizowanie procesów.

**Osiągnięte poziomy zużycia energii:** W wielu krajach europejskich informacja na temat bilansów energetycznych w papierniach nie jest podawana do wiadomości publicznej. Stosuje się różne wzory raportów na temat zużycia energii. Zapotrzebowanie energii zależy także od jakości wyrobu (zwłaszcza w fabrykach produkujących bibułę sanitarną) i częściowo od warunków miejscowych. Dlatego trudno jest przedstawić wskaźniki zużycia energii związane ze stosowaniem technologii energooszczędnych. Zakresy zużycia energii w papierniach są przedstawione w tabeli 6.26. Powinny być one traktowane jako przybliżone wartości zapotrzebowania energii cieplnej dla procesu technologicznego w papierniach pracujących przy wysokiej sprawności energetycznej. Być może inne przykłady papierni o wysokiej sprawności energetycznej a także specjalne warunki będą musiały być włączone do nowej wersji dokumentów referencyjnych BAT.

Rodzaj papierni	Zużycie energii cieplnej w procesie (netto) w GJ/t	Zużycie mocy (netto) w MWh/t	Uwagi
Nie zintegrowana produkcja papierów wysokogatunkowych powlekanych i niepowlekanych	5,3 [3]	0,62 [3]	Bardzo duży zakład niemiecki; dane obejmują wszystkie urządzenia zużywające energię w zakładzie
Nie zintegrowana produkcja papierów wysokogatunkowych niepowlekanych	7,0 - 9,0 [1]; 7,0 - 7,5 [2] * 6,5 - 8,0 [3];	0,7 - 0,8 [1]; 0,6 - 0,7 [2] *; 0,55 - 0,6 [3]; 0,5 - 0,65 [4]	[3] = zakład austriacki
Nie zintegrowana produkcja papierów wysokogatunkowych powlekanych	10,0 - 11,0 [1] 7,0 - 7,5 [2] *	1,1 - 1,3 [1]; 0,6 - 0,7 [2] *; 0,65 - 0,9 [4]	
Nie zintegrowana produkcja bibułki sanitarnej	6,5 - 7,5 [1] 5,5 - 6,0 [2]	0,9 - 1,1 [1]; 1,0 - 1,1 [2]; 0,5 - 2 [4]	[4] w przypadku produkcji bibułki sanitarnej niektóre nowe urządzenia takie jak TAD mają większe zapotrzebowanie na energię

Uwagi:

\* [2] podana tylko jedna wielkość dla papieru wysokogatunkowego ogółem

**Tabela 6.26: Wskaźniki zużycia energii związane z zastosowaniem najlepszych dostępnych technik BAT dla produkcji różnych gatunków papieru na tonę wyrobu.**

Dane z [1] Jaakko Pöyry, 1998, [2] raport SEPA 4712, [3] badania przeprowadzone w zakładach i [4] dane od dostawcy.

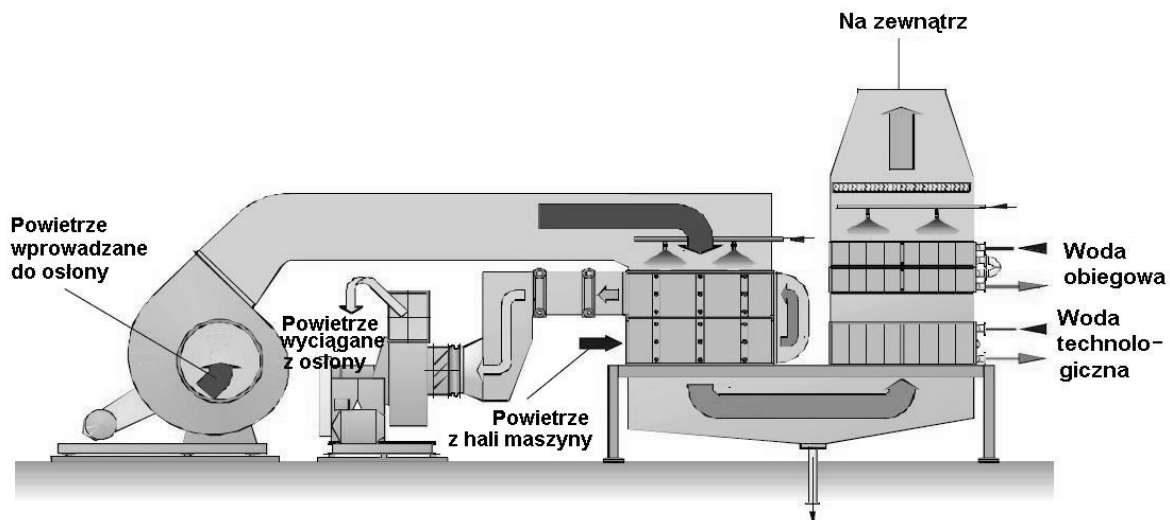
Techniki opisane poniżej powinny być traktowane jedynie jako przykłady technologii o wysokiej sprawności energetycznej, dzięki ich zastosowaniu możliwe jest oszczędzanie energii. Odzyskanie energii odprowadzanej z części suszącej maszyny papierniczej jest możliwe dzięki zastosowaniu wymienników ciepła. Energia ta wraz z energią zużytą w operacji mielenia stanowią główny element brany pod uwagę w trakcie analizy zużycia energii. Kolejne przykłady mogą być opracowane i dodane w przyszłości do nowej wersji dokumentów referencyjnych BAT.

### Przykład: oszczędności energii dzięki stosowaniu układów rekuperacji ciepła

**Opis techniki:** Zadaniem układu rekuperacji ciepła jest obniżenie zużycia pierwotnej energii przez wykorzystanie ciepła odpadowego pochodzącego z procesu technologicznego w sposób ekonomiczny i zapewniający korzyści. Prawie cała energia zużywana w papierni to energia wykorzystywana do suszenia papieru, urządzenia w części suszącej zużywają najwięcej energii w całej maszynie papierniczej. Około 80% energii potrzebnej w części suszącej jest dostarczane do cylindrów suszących w postaci pary pierwotnej, reszta jest dostarczana jako powietrze suszące, z nieszczelności oraz wraz ze wstęgą.

Prawie cała ilość energii wychodzącej z części suszącej jest odprowadzana z powietrzem wyciąganym z układu. Około 50% tej energii tj. w przybliżeniu 620 kWh na tonę papieru może być odzyskana przez sprawnie funkcjonujący układ rekuperacji ciepła (w warunkach zimowych).

Typowe układy rekuperacji ciepła są wyposażone w wymienniki ciepła, o konstrukcji płytowej (niektóre są wyposażone w płuczki gazów), powietrze - powietrze lub powietrze - woda. Wymienniki powietrze - powietrze są przeważnie stosowane do podgrzewania powietrza nadmuchiwanego pod osłonę oraz do wentylacji hali maszyny. Wymienniki powietrze - woda są stosowane głównie do podgrzewania wody obiegowej i wody technologicznej. Wymienniki stanowią element wieży rekuperacji ciepła. Rysunek 6.20 przedstawia przykład połączonej rekuperacji ciepła, gdzie najpierw podgrzewane jest powietrze kierowane do osłony a następnie woda obiegowa.



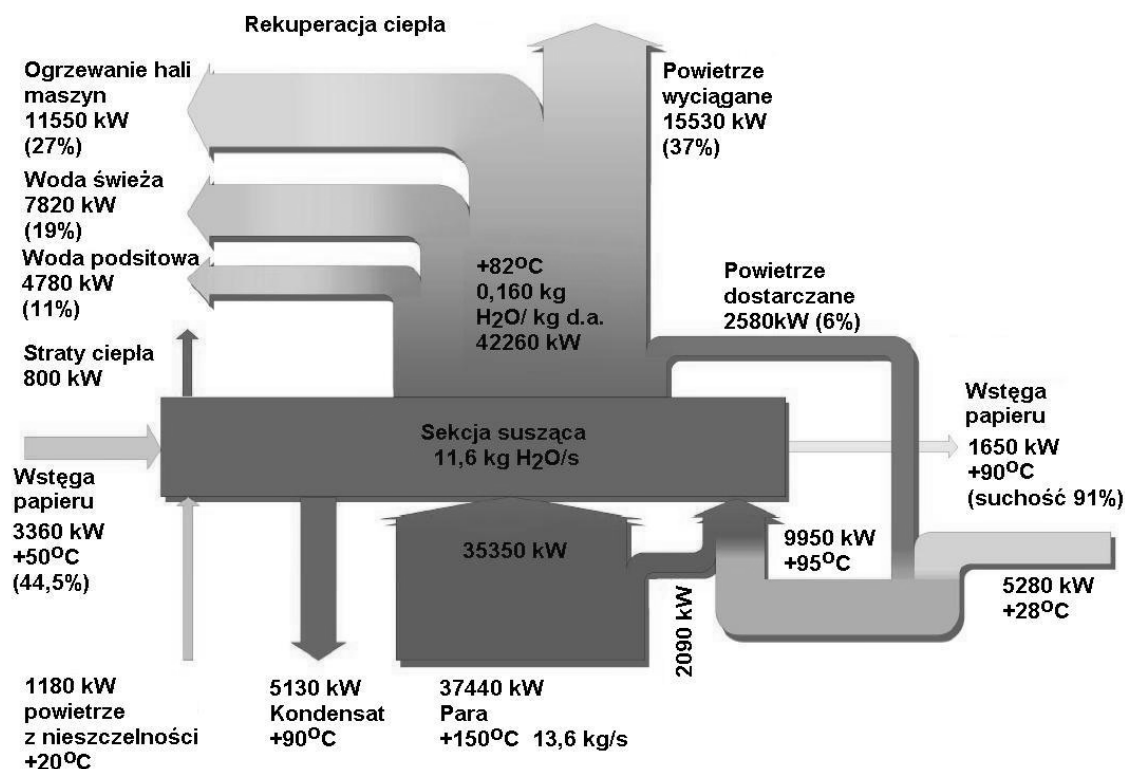
Rysunek 6.20: Przykład wieży rekuperacji ciepła

Zwykle tylko część odzyskanego powietrza jest kierowana z powrotem do części suszącej razem z powietrzem dostarczonym do osłony. Większość odzyskanego ciepła jest wykorzystywana poza częścią suszącą do ogrzewania wody technologicznej, wody podsitowej i powietrza do wentylacji hali maszyny.

**Możliwość zastosowania i charakterystyka metody:** Może być stosowana zarówno w nowych jak i istniejących instalacjach, o ile w procesie technologicznym występują przepływy powietrza wyciąganego o wysokiej zawartości energii i jeśli energia cieplna jest potrzebna dla różnych celów. Zawsze stosowane są wymienniki ciepła do podgrzewania powietrza dostarczanego pod osłonę. To czy ciepło odzyskane może być wykorzystane do ogrzewania wody obiegowej (do ogrzewania hali maszyny) lub wody technologicznej zależy od charakteru produkcji i warunków klimatycznych. Z powodu wzajemnego oddziaływania pomiędzy jednostkami układu, można uzyskać zoptymalizowany układ rekuperacji ciepła tylko po przeprowadzeniu analizy całego układu rekuperacji ciepła.

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** oszczędności znacznych ilości pary pierwotnej, co oznacza mniejszy wpływ procesu wytwarzania pary na środowisko. Osiągnięcia zależą między innymi od warunków klimatycznych.

Główne przepływy energii w części suszącej typowej maszyny do produkcji papieru gazetowego wyposażonej w wymienniki ciepła powietrze – powietrze i powietrza - woda są przedstawione na rysunku 6.21. Większość ciepła odzyskiwana jest z wody obiegowej, o ile obieg jest domknięty, a następnie jest ono wykorzystywane do podgrzewania powietrza do wentylacji budynku. Duża część odzyskanego ciepła jest stosowana do ogrzewania wody technologicznej (np. do natrysków) i wody positowej. Ogrzewanie wody podsitowej nie dotyczy wytwórni masy termomechanicznej, lecz na przykład wytwórni produkujących papier makulaturowy. Powietrze dostarczane do części suszącej jest zawsze podgrzewane przez układ rekuperacji ciepła.



Rysunek 6.21: Wykres Sankey'a dla maszyny produkującej papier gazetowy (980 t/d)

**Monitorowanie:** Konserwacja profilaktyczna przyczynia się do zapobiegania niepotrzebnym i kosztownym przestojom.

**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** Nie są znane ważniejsze oddziaływania na

środowisko. Działanie podjęte w celu oszczędności energii powinny być oparte na dokładnych bilansach energetycznych całego zakładu z uwzględnieniem schematów przepływu energii i alternatywnych rozwiązań technologicznych. Istnieje silny związek pomiędzy układami wodnymi i energetycznymi.

**Doświadczenia eksploatacyjne:** Na rynku dostępne są różne rodzaje układów rekuperacji dostarczane przez różnych producentów. Optymalny układ rekuperacji ciepła musi być zaprojektowany indywidualnie dla określonych wymagań, każdej papierni oraz dla każdego zastosowania. Zwykle wymienniki ciepła są wyposażone w urządzenia przemylające utrzymujące powierzchnie w czystości oraz zapobiegające zapychaniu się.

**Aspekty ekonomiczne:** Układy rekuperacji ciepła mają zwykle krótki okres zwrotu nakładów. Z ekonomicznego punktu widzenia odzyskiwanie możliwie największej ilości ciepła nie zawsze jest korzystne. Zawsze należy przeprowadzić analizę wariantową. Rozwiązanie będzie zależało od względnej ceny energii za kWh dla paliwa, pary i energii elektrycznej.

**Cel wdrożenia tej techniki:** Oszczędność energii, zmniejszenie ilości skroplin i mgły.

**Przykładowe zakłady:** Liczne zakłady w Europie.

**Bibliografia:** Broszury dostawców wyposażenia, [DG XVII, 1992], [Energy Efficiency Office - Biuro Wydajności Energetycznej, różne publikacje wydane między 1991 a 1997r.]

### 6.3.19 Środki zaradcze w celu zmniejszenia hałasu

**Opis techniki:** Przemysłowe źródła hałasu mogą być ogólnie podzielone na wewnętrzne i zewnętrzne. W ciągu produkcji papieru występuje duża ilość wewnętrznych źródeł hałasu (patrz rozdział 6.2.2.8). Sposobem ograniczenia wewnętrznego hałasu jest na przykład zamontowanie nowej osłony o lepszej izolacji. Jednak problem ten nie będzie dalej omawiany, ponieważ nie mieści się w zakresie niniejszego dokumentu (środowisko pracy). Przykładowymi sposobami ograniczenia hałasu z zewnętrznych źródeł są: zamontowanie tłumików absorpcyjnych i/lub rezonatorów rurowych dla zmniejszenia poziomów głośności wentylatorów wyciągowych i pomp próżniowych oraz tłumików i dźwiękoszczelnych osłon wentylatorów w stropie budynku. Poniżej omówione są szczegółowo dwa przykłady.

Podejmując środki zaradcze w celu zmniejszenia hałasu należy skupić się na ważniejszych źródłach hałasu zwłaszcza na wszystkich otworach w dachach i ścianach. Największe zewnętrzne źródła hałasu w papierni to wentylacja technologiczna (ciągłe), wentylacja hali maszyny (ciągłe), wyciągi pomp próżniowych (ciągłe) oraz wyciąg pary (tylko okresowe). Ponadto istnieje szereg innych źródeł hałasu zwłaszcza w starych papierniach, gdzie izolacja dźwiękowa nie jest właściwie wykonana.

W celu zapobiegania hałasowi odpowiednie środki powinny być podjęte już podczas fazy planowania. Zwykle najbardziej efektywną metodą jest skonsultowanie się z ekspertami od akustyki. Podczas wdrażania środków ograniczających hałas należy rozważyć następujące aspekty techniczne:

- otrzymywanie informacji we wczesnej fazie o emisji hałasu przez urządzenia, instalacje i ich części;
- stosowanie maszyn i procesów o niskim poziomie hałasu;
- ograniczenie wytwarzania i przenoszenia hałasu;
- zmniejszenie emisji dźwięku np. stosowanie tłumików dźwięku;

- konserwacja maszyn i wyposażenia do izolowania akustycznego.

Punktem wyjściowym obniżenia poziomu hałasu są wymagania odpowiednich organów uzależnione od lokalizacji papierni (odległość do sąsiedztwa, obszar rekreacyjny lub przemysłowy itp.) oraz wymagania obowiązujące w danym kraju. Punkty imisji (odniesienia) mogą być zlokalizowane na granicy papierni i/lub w kilku miejscach w dzielnicy mieszkaniowej. Wartości graniczne dla dzielnicy mieszkaniowej powinny być zachowane przy każdorazowej dostawie nowych urządzeń. Także istniejące źródła hałasu powinny być stopniowo tłumione z powodu zaostrzania przepisów.

Eliminacja hałasu w większości wypadków jest stosunkowo kosztowna. Dlatego ważne jest by planowanie metod zmniejszenia hałasu odbyło się we wczesnej fazie inwestycji. Kiedy występuje potrzeba wytłumienia już istniejących źródeł hałasu koszty tłumików i izolacji dźwiękowej mogą być wysokie.

Ważne jest ograniczenie hałasu w miejscu jego powstawania. Jednak nie zawsze jest to możliwe. W takich przypadkach mogą być potrzebne dźwiękoszczelne osłony lub tłumiki dla głośno pracujących urządzeń. Do określenia wymiarów tłumików potrzebne są informacje na temat źródła hałasu.

W poniższym paragrafie dotyczącym osiągnięć środowiskowych omówiono dwa przykłady tłumienia zewnętrznego hałasu przez zamontowanie tłumików. Wymagania dotyczące tłumienia hałasu dotyczyły różnych zakresów częstotliwości.

**Możliwość zastosowania i charakterystyka metody:** Metody tłumienia zewnętrznego hałasu mogą być stosowane zarówno w istniejących jak i nowych zakładach. Różnią się tylko procedurą określania bieżących i wymaganych poziomów hałasu.

W przypadku istniejących maszyn procedura tłumienia rozpoczyna się od pomiarów poziomu głośności w punktach imisji (odniesienia) w dzielnicy mieszkaniowej. Pomiarów będą wykonywane także w zakładzie, aby znaleźć największe źródła hałasu. Wielkość tłumików jest określana na podstawie pomiarów i obliczeń.

W nowych instalacjach poziomy mocy akustycznej są oparte na danych dostarczonych przez dostawcę urządzenia. Obliczenia spodziewanych poziomów głośności w punktach imisji są wykonywane za pomocą programu komputerowego dla rozchodzenia się hałasu np. według VDI 2714, uwzględniającego wszystkie źródła hałasu.

Ograniczenia miejsca mogą prowadzić do opracowania nieco innych rozwiązań dla istniejących zakładów.

**Główne osiągnięcia środowiskowe:** Korzyści dla środowiska wynikające ze stosowania środków zmniejszenia hałasu zewnętrznego są przedstawione na dwóch przykładach.

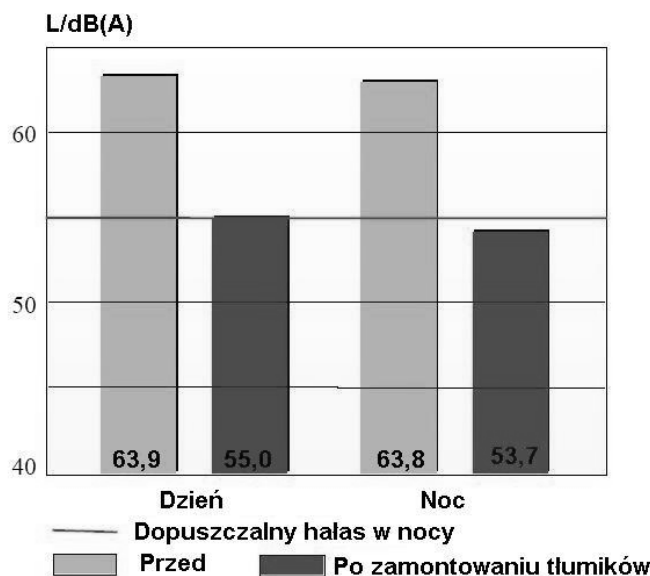
---

### **Przykład 1: Montaż tłumików absorpcyjnych (we francuskiej papierni)**

---

W tym przypadku dopuszczalne poziomy ciśnienia akustycznego odpowiadające obciążeniu A, w tych rejonach wsi, które graniczą z papiernią wynoszą jest 65 dB (A) w dzień i 55 dB (A) w nocy. Pomiarów źródeł hałasu pokazały, że zamknięte osłony wentylatorów wyciągowych należały do największych źródeł hałasu. Obliczenia wykazały, że wytłumienie ich o 15 dB (A) wystarczyłoby do uzyskania w punktach odniesienia dopuszczalnego w nocy poziomu hałasu wynoszącego 55 dB (A).

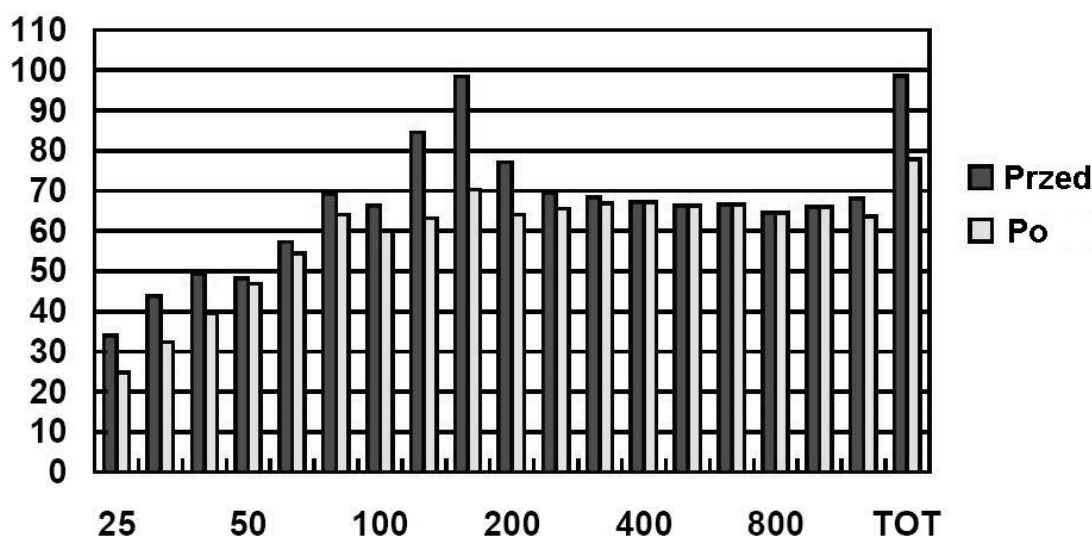
Hałas wentylatora może być charakteryzowany jako hałas o szerokim paśmie i dlatego tłumiki absorpcyjne w tym przypadku są odpowiednie. Tłumiki absorpcyjne są skuteczne w przypadku średnich i wyższych częstotliwości. Wentylatory są zlokalizowane na zewnątrz i dlatego też wymagają izolacji dźwiękowej. Rysunek 6.22 przedstawia poziomy głośności mierzone przed i po zamontowaniu tłumika dźwięków w jednym punkcie emisji (z uwzględnieniem izolacji dźwiękowej).



Rysunek 6.22: 4 Poziomy głośności  $L_{aeq}$  w jednym punkcie odniesienia.

### Przykład 2: Montaż tłumików reaktywnych (w niemieckiej papierni)

W tym przypadku, emisja hałasu z pomp próżniowych maszyny papierniczej powodowała zbyt dużo hałasu w punkcie odniesienia poza obszarem zakładu. Pomiary poziomów ciśnienia akustycznego w odległości 1 m od wylotu pompy próżniowej wykazały wartość szczytową hałasu o częstotliwości 160 Hz, pokazano to na rysunku 6.23. Wartość ta była wyższa o ponad 10 dB(A) od jakiegokolwiek innej częstotliwości. Zainstalowany, w tym przypadku, tłumik reaktywny (np. rezonatory rurowe) okazał się skuteczny - tłumienie dla niższych częstotliwości (poniżej 500 Hz). Pomiary po zamontowaniu tłumika pokazały, że szczytowy poziom hałasu został obniżony o ok. 28 dB (A) i osiągnięto wartość docelową 26,9 dB w punkcie emisji.



**Rysunek 6.23: Tłumienie dźwięku za pomocą rezonatorów rurowych. Poziomy hałas przed i po zamontowaniu tłumika**

Kiedy poziom docelowy w odległości 1 m od wylotu wentylatorów lub pomp próżniowych jest niższy należy zastosować kombinację tłumików reaktywnych i absorpcyjnych. Dla wentylatorów zainstalowanych na zewnątrz należy zamontować specjalne izolowane akustycznie osłony.

**Monitorowanie emisji:** Zaleca się pomiary poziomu hałasu od czasu do czasu (np. raz w roku) w celu sprawdzenia czy tłumiki nie wymagają oczyszczenia. Jednak zwykle nie wykonuje się tego w papierniach.

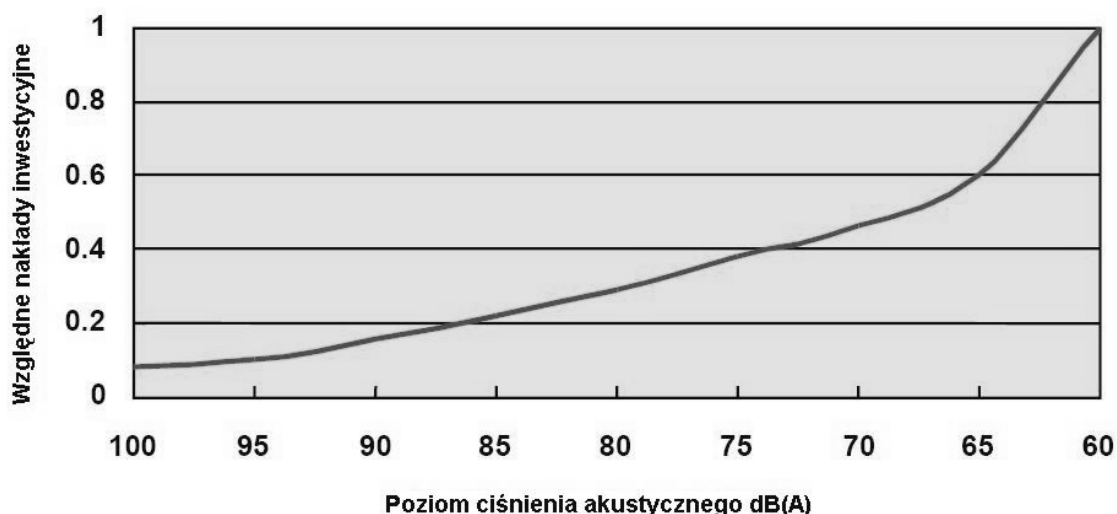
**Oddziaływanie na procesy i środowisko:** Tłumiki mogą spowodować większe straty ciśnienia powietrza wyciąganego, co może spowodować niewielki wzrost zużycia mocy (kWh/ADt) przez wentylatory, jednak dodatkowe zużycie energii nie jest znaczące.

**Doświadczenie eksploatacyjne:** Tłumiki są z powodzeniem stosowane w wielu zakładach w Europie. Konserwacja tłumików obejmuje regularne czyszczenie i wymianę materiału absorpcyjnego (w razie potrzeby) kiedy wyciągane powietrze zawiera wilgoć i cząsteczki materiałów.

**Aspekty ekonomiczne:** Trudno podać dokładne dane dotyczące kosztu urządzeń do tłumienia dźwięków, ponieważ zależą one od: wielkości papierni, gatunku produkowanego papieru, prędkości maszyny itp. Ogólny koszt tłumienia dźwięków (zewnętrznych i wewnętrznych) w ciągu produkcji papieru jest szacowany na poziomie 0,5% kosztów inwestycyjnych przeznaczonych na wyposażenie lub może być nawet wyższy zależnie od docelowych poziomów głośności [Valmet].

Koszty tłumienia zewnętrznego hałasu maszyny papierniczej wynoszą od 0,2 do 0,4 miliona euro w zależności od docelowych poziomów i zakresu dostawy.

Rysunek 6.24 przedstawia relatywne koszty tłumienia dźwięku zewnętrznego. Przy obniżeniu docelowego poziomu ciśnienia akustycznego z 85 dB(A) do 75 dBW koszty ulegają podwojeniu.



**Rysunek 6.24: Względne koszty tłumienia zewnętrznego dźwięku [według firmy Valmet]**

**Cel wdrożenia tej techniki:** Z punktu widzenia zdrowia człowieka, hałas stanowi jeden z najpoważniejszych problemów środowiskowych. Duża liczba mieszkańców na terytorium UE jest narażona na szkodliwe działanie hałasu. Oficjalne wymagania w różnych krajach oraz dyrektywy UE spowodowały zaostrzenie wymagań odnośnie emisji hałasu już w fazie projektowania maszyny papierniczej. Wymagania te obejmują także ustalenie norm hałasu dla istniejących urządzeń i kontroli hałasu zewnętrznego. Na przykład w Niemczech, w zależności od rodzaju obszaru narażonego na hałas z papierni, w celu zapobiegania szkodliwemu wpływowi hałasu muszą być przestrzegane następujące jego poziomy.

Dzień	Noc	Rodzaj obszaru w pobliżu papierni
70 dB(A)	70 dB(A)	Obszar przemysłowy
65 dB(A)	50 dB(A)	Obszar handlowy
50 dB(A)	35 dB(A)	Obszar zamieszkały
45 dB(A)	35 dB(A)	Tereny instytucji specjalnych np. szpitale

**Tabela 6.27: Przykład poziomów hałasu obowiązujących w sąsiedztwie papierni (Wymagania w Niemczech)**

Różnice pomiędzy docelowymi poziomami zewnętrznego hałasu w różnych Państwach Członkowskich są duże. Powodem takich dużych różnic są odległości papierni od terenu zamieszkanego, różnice w gęstości zaludnienia, nasilenie ruchu, osiągnięcia środowiskowe, itp.

**Przykładowe zakłady:** W większości europejskich papierni stosowane są różne typy, konstrukcje oraz ilości tłumików. W wielu zakładach w Europie wdrażane są metody tłumienia hałasu.

## 6.4 Najlepsze dostępne techniki BAT

### 6.4.1 Wstęp

W celu lepszego zrozumienia treści tego rozdziału czytelnik powinien zapoznać się ze wstępem do niniejszego dokumentu, a w szczególności z jego piątą częścią: „Jak rozumieć i stosować niniejszy dokument?”. Techniki oraz związane z nimi poziomy emisji i/lub zużycia, jak również zakresy poziomów, jakie przedstawiono w niniejszym rozdziale, zostały ocenione w toku procesu iteracyjnego obejmującego następujące etapy:

- określenie kluczowych zagadnień dotyczących ochrony środowiska w obrębie danego sektora; w papierniach o nie zintegrowanej produkcji najważniejsze problemy do rozwiązania to: wykorzystanie wody produkcyjnej, odprowadzanie ścieków (ChZT, BZT, zawiesina ciał stałych, N i P, adsorbowalne organiczne chlorowce AOX), zapotrzebowanie energii (para i energia elektryczna), odpady stałe takie jak odrzut, osad i popiół, emisja do atmosfery z procesu wytwarzania energii (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, pył), hałas i ciepło odpadowe; trzy ostatnie problemy reprezentują lokalny wpływ na środowisko;
- zbadanie technik najistotniejszych z punktu widzenia tych kluczowych zagadnień;
- określenie poziomów emisji optymalnych dla środowiska na podstawie danych dostępnych w Unii Europejskiej i na świecie;
- zbadanie warunków, w których te poziomy emisji zostały uzyskane takich, jak koszty, oddziaływanie na środowisko, główne cele i motywacja dla wprowadzania tych technik;
- wybór najlepszych dostępnych technik BAT oraz związanych z nimi poziomów emisji i/lub zużycia dla tego sektora w ogóle, zgodnie z art. 2 ust. 11 oraz załącznikiem 4 do dyrektywy.

Europejskie Biuro IPPC i odpowiednia Techniczna Grupa Robocza (TWG) pełniły główną rolę przy fachowej ocenie każdego z tych działań, jak również miały wpływ na sposób przedstawienia ich wyników w niniejszym opracowaniu.

Na podstawie tej oceny w niniejszym rozdziale przedstawiono konkretne techniki oraz – w miarę możliwości – poziomy emisji i zużycia związane ze stosowaniem najlepszych dostępnych technik BAT, które są uważane za odpowiednie dla sektora przemysłu jako całości i w wielu przypadkach odzwierciedlają aktualną charakterystykę eksploatacyjną niektórych instalacji w obrębie sektora. Tam gdzie prezentowane są poziomy emisji lub zużycia „związane z najlepszymi dostępnymi technikami BAT” oznacza to, że poziomy te odzwierciedlają skutki oddziaływania na środowisko, jakie można przewidzieć w wyniku zastosowania w tym sektorze opisanych technik, mając na uwadze bilans kosztów i korzyści stanowiących nieodłączny element definicji BAT. Jednakże nie są to graniczne wielkości emisji czy zużycia i nie powinny być tak rozumiane. W niektórych przypadkach uzyskanie lepszych poziomów emisji lub zużycia może być technicznie możliwe, jednak ze względu na związane z tym koszty lub skutki oddziaływania na środowisko nie są one uważane za właściwe jako BAT dla całego sektora. Poziomy takie mogą jednak być uznane za uzasadnione w bliżej określonych przypadkach, w których występują szczególne okoliczności przemawiające za wdrożeniem danych technik.

Poziomy emisji i zużycia związane z zastosowaniem BAT muszą być rozpatrywane z uwzględnieniem szczególnych warunków odniesienia (np.: okresów uśredniania).

Należy odróżnić opisane powyżej pojęcie „poziomów związanych z zastosowaniem BAT” od określenia „osiągalny poziom” stosowanego gdzie indziej w tym dokumencie. W przypadku, gdy

poziom jest opisany jako „osiągalny” przy zastosowaniu danej techniki lub kombinacji technik, oznacza to, że można go uzyskać stosując te techniki po pewnym czasie w dobrze utrzymywanej i obsługiwanej instalacji lub procesie.

Dostępne dane dotyczące kosztów wraz z opisem technik omówionych w poprzednim rozdziale zostały przedstawione łącznie. Wskazują one przybliżoną wielkość przewidywanych kosztów. Jednak rzeczywisty koszt zastosowania danej techniki będzie w dużym stopniu zależał od konkretnej sytuacji z uwzględnieniem, na przykład, wysokości podatków, opłat oraz specyfikacji technicznej dla danej instalacji. Dokładna ocena tych specyficznych dla danego miejsca czynników nie jest w tym dokumencie możliwa. W przypadku braku danych dotyczących kosztów, wnioski odnoszące się do ekonomicznej użyteczności technik zostały sformułowane na podstawie obserwacji istniejących instalacji.

Najlepsze dostępne techniki BAT przedstawione ogólnie w niniejszym rozdziale mają stanowić punkt odniesienia ułatwiający ocenę aktualnych wyników osiągniętych w ramach istniejącej instalacji lub propozycję dla nowej instalacji. Może to się okazać pomocne przy określaniu właściwych warunków „w oparciu o najlepsze dostępne techniki BAT” dla danej instalacji lub w ustaleniu ogólnych, wiążących przepisów zgodnie z art. 9 ust. 8. Przewiduje się, że nowe instalacje mogą być zaprojektowane tak, aby osiągały takie same lub nawet lepsze rezultaty niż ogólne poziomy BAT tutaj zaprezentowane. Uważa się również, że istniejące instalacje mogłyby zbliżyć się do ogólnych poziomów właściwych dla BAT bądź osiągać lepsze wyniki, w zależności od technicznych i ekonomicznych możliwości zastosowania technik w poszczególnych przypadkach.

Dokumenty referencyjne BAT wprawdzie nie ustalają prawnie wiążących norm, lecz mają za zadanie dostarczać informacji stanowiących wskazówki dla przemysłu, Państw Członkowskich i społeczeństwa na temat osiągalnych poziomów emisji i zużycia przy stosowaniu konkretnych technik. Odpowiednie wartości graniczne dla każdego konkretnego przypadku będą musiały zostać określone z uwzględnieniem celów dyrektywy dotyczącej zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń (IPPC) oraz lokalnych uwarunkowań.

Produkcja papieru nie jest pojedynczym procesem technologicznym, lecz cyklem jednostkowych procesów powiązanych ze sobą i wzajemnie od siebie zależnych. Dlatego najlepsze dostępne techniki BAT dla papierni stanowią połączenie kilku technik. Hierarchia ważności oraz wybór techniki lub połączenia technik zależy od miejscowych warunków.

Najlepsze dostępne techniki podane poniżej, o ile nie stwierdzono inaczej, mogą być stosowane zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach. W papierniach przydatność danej techniki nie zależy od tego czy papiernia jest nowa, czy nie, ponieważ częściej stosuje się przebudowę urządzeń niż ich wymianę na dużą skalę. Modułowa przebudowa oraz rozbudowa zakładów oznacza, że każdy zakład posiada unikalną lokalizację i historię. Lecz z drugiej strony papiernictwo to seria jednostkowych procesów, które są takie same we wszystkich krajach i dla wszystkich gatunków papieru.

W poszczególnych przypadkach określając najlepsze dostępne techniki BAT należy wziąć pod uwagę fakt, że koszty dla mniejszych papierni są stosunkowo wyższe (ekonomia skali). Inne czynniki to: ograniczona przestrzeń w starszych zakładach, nieodpowiedni materiał lub rozmieszczenie starszych urządzeń, które nie pozwalają na wyższy stopień zamknięcia obiegu wody. Bardziej zamknięty obieg wodny zwykle wiąże się z bardziej skomplikowanym układem, który wymaga monitorowania i kontroli. W mniejszych papierniach personel nie dysponuje wystarczającą wiedzą niezbędną do skutecznego prowadzenia i kontroli złożonych procesów.

### 6.4.2 Najlepsze dostępne techniki BAT

Dla papierni następujące techniki są uznane jako najlepsze dostępne techniki BAT. Podany wykaz najlepszych dostępnych technik BAT nie jest wykazem wyczerpującym i jakakolwiek inna technika lub kombinacja technik osiągająca takie same (lub lepsze) poziomy emisji i zużycia może być także brana pod uwagę; taka technika może być w fazie opracowania, techniką nowo powstającą lub już dostępną, lecz nie opisaną w niniejszym dokumencie. Jeśli nie stwierdzono inaczej, podane dane stanowią średnie wartości roczne.

#### Środki ogólne

1. Szkolenie, edukacja i motywacja personelu i operatorów. Papiernie są obsługiwane przez ludzi. Dlatego szkolenie personelu może być bardzo ekonomicznym sposobem zmniejszenia zużycia wody i zrzutu szkodliwych substancji jak na przykład przypadkowego zrzutu chemikaliów.
2. Optymalizacja kontroli procesu. Należy zapewnić możliwość równoczesnego zmniejszenia różnych środków zanieczyszczających oraz utrzymania niskiej emisji, lepszą kontrolę procesu i pomiarów.
3. W celu utrzymania wysokiej sprawności urządzeń technicznych w papierni oraz technik obniżenia emisji i zużycia należy zapewnić odpowiednią konserwację.
4. System zarządzania środowiskiem, który jasno definiuje obowiązki w stosunku do istotnych dla środowiska aspektów pracy papierni. Podnosi on świadomość i zawiera cele i środki, instrukcje dotyczące procesu i pracy, wykazy kontrolne oraz inną stosowną dokumentację.

#### Sposoby zmniejszania emisji do wody

1. Ograniczenie do minimum zużycia wody przez zwiększenie zawracania wody produkcyjnej oraz odpowiednią gospodarkę wodną.  
Podstawą dobrej gospodarki wodnej są dokładne dane dotyczące ilości zużywanej wody i jej jakości dla różnych zastosowań. W papierniach, które wdrożyły najlepsze dostępne techniki BAT woda świeża jest wprowadzana do procesu głównie jako woda do natrysków i dla chemikaliów. Zastosowanie bardziej skutecznej techniki odzyskiwania włókien i wypełniaczy umożliwiło wykorzystanie sklarowanej wody do mniej krytycznych natrysków maszyny papierniczej i w ten sposób uzyskano zamknięty obieg wody. Jednak rozpuszczone nieorganiczne, organiczne oraz koloidalne materiały (DisCo) ograniczają stosowanie tej wody w części sitowej maszyny. Ilość potrzebnej wody świeżej jest określona w pewnej mierze przez stężenie zanieczyszczeń w wodzie produkcyjnej.  
Stopień zawracania klarownego filtratu może być zwiększony dzięki zastosowaniu techniki ultrafiltracji (UF) do wewnętrznego oczyszczania wody obiegowej. Ponieważ technika ta jest nadal w fazie rozwoju i jest stosowana na skale przemysłową tylko w kilku papierniach w Europie nie jest jeszcze uznana za najlepszą dostępną technikę BAT, chociaż doświadczenia w przemyśle są obiecujące. Jednak z powodu jedynie częściowego usuwania rozpuszczonych materiałów przy zastosowaniu metody ultrafiltracji dalszy wzrost zawracania wody (np. dla natrysków w części prasowej) nie jest jeszcze możliwy. Gromadzenie się rozpuszczonych materiałów może wpływać niekorzystnie na płynność eksploatacyjną, jakość papieru oraz wydajność chemikaliów. Zamknięty obieg wodny w maszynie papierniczej wymaga sprawniejszych technik oddzielania takich jak: nano-filtracja, odwrócona osmoza lub innych uzupełniających technik. Z powodu wysokich kosztów, negatywnego oddziaływania na procesy i środowisko (głównie energia) i braku doświadczenia w przemyśle techniki te nie są uznane za dostępne.

2. Ograniczenie potencjalnych zagrożeń zamknięcia obiegu wodnego  
 Zamknięcie obiegu wodnego wymaga świadomości, wiedzy i odpowiedniego mechanizmu kontroli układu wodnego. Kontrola mikroorganizmów, właściwe zaprojektowanie rurociągów i układu magazynowania oraz selekcja materiału pomagają utrzymać powierzchnie w czystości i ograniczają potrzebę przemywania układu. Faktyczna wydajność procesu oddzielania, jakość wody do natrysków oraz innej wody produkcyjnej mogą być określane za pomocą monitorowania zawracanego strumienia przez wykonywanie pomiarów i analiz laboratoryjnych.  
 Zebranie danych o przepływie strumieni wodnych i ścieków oraz zawartości substancji chemicznych w układach wodnych umożliwia zbadanie i kontrolę wody w całym zakładzie oraz określenie najlepszych warunków pracy podczas zmian jakości wyrobu, rozruchu czy wyłączenia maszyny. Na przykład należy unikać pracy przy wysokim pH lub gradiencie temperatury, ponieważ może to powodować tworzenie się osadu lub kamienia kotłowego. Automatykacja ma także korzystny wpływ na proces. Pomiary i dokładna kontrola procesu w trybie on-line to podstawa efektywnego i stabilnego procesu wytwarzania papieru.
3. Zaprojektowanie zrównoważonego układu wody obiegowej, klarownego filtratu i magazynowania braku oraz stosowanie konstrukcji i urządzeń o zmniejszonym zużyciu wody tam gdzie jest to możliwe. Jest to normalna praktyka stosowana podczas wymiany lub przebudowy urządzeń lub komponentów.
4. Sposoby ograniczenia częstotliwości i skutków przypadkowego zrzutu chemikaliów.  
 Obejmują szkolenie personelu na wypadek przypadkowego zrzutu chemikaliów do oczyszczalni ścieków oraz zapewnienie odpowiednich środków ostrożności w celu zapobieżenia takim wypadkom.
5. Gromadzenie i ponowne wykorzystanie czystej wody chłodzącej i uszczelniającej lub jej oddzielne odprowadzenie.  
 Można zwiększyć zawracanie do obiegu wody chłodzącej i uszczelniającej przez stosowanie wymienników ciepła lub wieży chłodzącej. Jednak niezbędne jest badanie zawartości mikroorganizmów oraz kontrola jakości wody a także metody kontroli zapewniające niezakłóconą eksploatację układu.
6. Oddzielne oczyszczanie wstępne ścieków z powlekania.  
 W przypadkach kiedy nie jest możliwe odzyskanie i ponowne wykorzystanie mieszanki powlekającej ze ścieków z powlekania metodą membranową flokulacja tego stężonego częściowego strumienia ścieków jest uznana za najlepszą dostępną technikę Technika ultrafiltracji jest wymieniona jako technika ograniczenia odpadów stałych (patrz poniżej).
7. Zastępowanie potencjalnie szkodliwych substancji substancjami o mniejszej szkodliwości.  
 Można zapewnić wyższą sprawność usuwania zanieczyszczeń po oczyszczeniu ścieków oraz ograniczyć niekorzystny wpływ na środowisko stosując nietoksyczne i podatne na rozkład biologiczny środki pomocnicze i chemikalia.
8. Oczyszczanie ścieków za pomocą instalacji zbiornika wyrównawczego i wstępnego oczyszczania.  
 Metody te są stosowane w prawie wszystkich papierniach i są raczej uznane za dobrą praktykę. Jest to warunek wstępny dobrze i stabilnie pracującej biologicznej oczyszczalni ścieków. Nie są jednak uznawane za najlepsze dostępne techniki BAT w przypadku niezależnego ich stosowania (jako jedyne metody oczyszczania ścieków). Wyjątek stanowi produkcja takich gatunków papieru przy produkcji, których występuje bardzo niska jednostkowa emisja ładunku zanieczyszczeń do wody.
9. Wtórne lub biologiczne oczyszczanie ścieków i/lub w niektórych przypadkach, wtórne oczyszczanie ścieków metodą chemicznego strącania lub flokulacji. Stosowanie wyłącznie oczyszczania chemicznego powoduje wyższą wartość ChZT, lecz większość zanieczyszczeń jest podatna na rozkład.  
 Istnieje wiele różnych opcji zapewniających dobre wyniki w zmniejszaniu ładunku związków organicznych zrzucanego do odbiorników. Wybór opcji oczyszczania zależy

głównie od początkowego stężenia, właściwości ścieków oraz żądanej wydajności usuwania zanieczyszczeń. Odpowiedni projekt i konserwacja oczyszczalni ścieków to warunek wstępny dobrego funkcjonowania układu oczyszczania biologicznego. Poniżej podano sprawności usuwania ładunku zanieczyszczeń charakterystyczne dla najlepszych dostępnych technik BAT w zależności od początkowego stężenia oraz wybranego układu oczyszczania ścieków:

Początkowy zakres stężenia	Oczyszczanie	Usuwanie ChZT	Usuwanie BZT	Usuwanie AOX	Ogólna zawiesina po oczyszczeniu	Pożywki
BOD > 500 mg /l	Złoże biologicznie zraszane + osad czynny	80 - 90 %	95+ %	30 - 50%	Stężenie poniżej 30 mg/l	Dodane w o. ś.
BOD > 500 mg /l	Złoże biologicznie zraszane (wstępne oczyszczanie)	50 - 60 %	60 - 70%	30 - 50%	Wysokie stężenie ok.100 mg/l	Dodane w o. ś.
BOD > 100 mg /l	Osad czynny <sup>1)2)</sup>	75 - 90 %	90 - 95+ %	30 - 50%	Stężenie poniżej 30 mg/l	Dodane w o. ś.
BOD < 150 mg /l	Biofiltracja	40 - 60%	60 - 80 %	30- 50%	Stężenie: 10 - 30 mg/l	Dodane w o. ś.
<p><b>Uwagi:</b> o.ś = oczyszczalnia ścieków</p> <p>1) Takie sprawności usuwania są osiągane przy układach o niskim obciążeniu osadu czynnego o stosunku pożywek do masy od 0.1 i 0.2 kg BZT/kg zawiesiny ogólnej *d (lub 1-dniowym okresie retencji).</p> <p>2) Uzyskano także w kilku przypadkach dobrą sprawność usuwania w oczyszczalniach o wysokim ładunku zanieczyszczeń.</p>						

**Tabela 6.28: Przykłady sprawności usuwania zanieczyszczeń w odpowiednich układach oczyszczania biologicznego ścieków z papierni.**

Wspólne oczyszczanie ścieków z papierni lub z wytwórni zintegrowanej w miejskiej biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych jest także uznane za najlepszą dostępną technikę BAT o ile sposób ten zapewni porównywalną sprawność usuwania zanieczyszczeń.

Trudno jest o dane ilustrujące skuteczność technik wymienionych w punktach 1 do 8 stosowanych bez oczyszczalni biologicznej, ponieważ dobrze pracujące papiernie zwykle posiadają oczyszczalnie biologiczne i nie podają poziomów emisji przed oczyszczalnią. Nie jest jasne, z jakimi technikami należy łączyć poziomy emisji uzyskiwane wyłącznie przy zastosowaniu oczyszczania wstępnego. Dlatego nie można stwierdzić, na których technikach zostały oparte następujące przykłady. Wymienione papiernie nie są uznane za zakłady stosujące najlepsze dostępne techniki BAT, lecz stanowią przykłady z rzeczywistego świata i wskazują na poziom emisji do wody w sytuacji, gdy oczyszczanie biologiczne nie jest stosowane. W konsekwencji wszystkie wartości w tabeli 6.29 odnoszą się do zrzutu tylko po oczyszczeniu wstępnym (oczyszczanie fizyczne i chemiczne).

Papiernie <sup>1)</sup>	ChZT [kg/t]	BZT <sub>5</sub> [kg/t]	Zawiesina ogólna [kg/t]	Przepty w [m <sup>3</sup> /t]	Produkcja 97 [t/d]	Uwagi
Papiernia 1, papier niepowlekany wysokogatunkowy	8.7	2.2	1.0	32.6	niedostępne	Brak oczyszczania biologicznego
Papiernia 2, papier niepowlekany wysokogatunkowy	6.1	1.3	0.7	37.4	niedostępne	Brak oczyszczania biologicznego
Papiernia 3, papier niepowlekany wysokogatunkowy	5.7	1.3	0.9	42	niedostępne	Brak oczyszczania biologicznego
Papiernia 4, papier powlekany wysokogatunkowy	3.4	1.1	0.5	13.5	niedostępne	Flokulacja + osadnik
Papiernia 5, papier powlekany wysokogatunkowy	5.1	1.5	1.0	48	niedostępne	Flokulacja + osadnik
Papiernia 6, papier powlekany wysokogatunkowy	3.6	1.4	1.4	24	niedostępne	Flokulacja + osadnik
Papiernia 7, bibułka sanitarna, (masa pierwotna)	2.2	0.6	0.3	36	niedostępne	Flokulacja + osadnik
Papiernia 8, bibułka sanitarna, (masa pierwotna, DE)	1.1	0.15	0.002	5	29000	Filtr tarczowy
Uwagi: 1) Zwrócono się z prośbą do Europejskiego Biura IPPC w Sewilli, aby traktować te informacje jako poufne.						

**Tabela 6.29: Przykłady mierzonych rocznych średnich poziomów emisji do wody tylko po oczyszczaniu wstępnym w niektórych papierniach o nie zintegrowanej produkcji w jednym z Państw Członkowskich ( rok odniesienia: 1997).**

Lista przedstawia wybrane papiernie, których dane były dostępne lub dostarczone i dlatego nie należy jej traktować jako kompletną.

Z powodu braku informacji na temat stosowania lub nie (oraz w jakim stopniu) najlepszych dostępnych technik BAT przez papiernie bez oczyszczalni biologicznej nie podajemy poziomów emisji związanych z najlepszymi dostępnymi technikami BAT przy wykorzystaniu tylko oczyszczania wstępnego.

Tabela 6.30 pokazuje osiągnięte poziomy emisji w niektórych papierniach o nie zintegrowanej produkcji w Europie, które uznaje się za dobrze funkcjonujące. Można przyjąć, że stosują one odpowiednie połączenie najlepszych dostępnych technik BAT (niekoniecznie wszystkich) oraz biologiczne oczyszczanie ścieków.

Przykłady papierni	Podane osiągnięte poziomy emisji po oczyszczeniu biologicznym						Rodzaj oczyszczania
	ChZT [kg/t]	BZT <sub>5</sub> [kg/t]	AOX [kg/t]	TSS [kg/t]	Przepływ <sup>3)</sup> [m <sup>3</sup> /t]	Produkcja '97 [t/rok]	np. normalne/niskie obciążenie
Papiernia 1, papier niepowlekany wysokogatunkowy, SE	0,63	0,3	niedostępne	0,2	2,6	150000 ('98)	Złoże biologicznie zraszane + reaktor ze złożem
Papiernia 2, papier niepowlekany wysokogatunkowy, Holandia	1,5	0,4	niedostępne	0,3	14	niedostępne	niedostępne
Papiernia 3, papier powlekany/niepowlekany wysokogatunkowy, Niemcy	0,44	0,1	0.0007	niedostępne	4,5	1000020	Złoże biologicznie zraszane + osad czynny
Papiernia 4, papier powlekany wysokogatunkowy, Holandia	0,93	0,17	< 0.01	0,23	13,8	niedostępne	niedostępne
Papiernia 5, papier powlekany, Szwecja	0,95	0,17	0.0025	0,26	9,53	180000	Reaktor z ruchomym złożem+ strącanie chemiczne
Papiernia 6, papier powlekany, Szwecja	0,4	0,1	niedostępne	0,2	14	125000	Osad czynny
Papiernia 7, papier powlekany, Francja	0,8	0,3	niedostępne	0,2	14	125000	Złoże biologicznie zraszane + osad czynny
Papiernia 8, papier powlekany, Francja	0,4	0,2	niedostępne	0,4	11,5	160000	Osad czynny
Papiernia 9, bibułka sanitarna, (masa pierwotna) Francja	1,5	0,4	niedostępne	0,2	20	niedostępne	Osad czynny
Papiernia 10, bibułka sanitarna, (masa pierwotna) D	0,67	0,11	0.005	niedostępne	11,5	97000	Osad czynny

**Tabela 6.30: Przykłady osiągniętych rocznych średnich poziomów emisji do wody po oczyszczeniu biologicznym w niektórych papierniach w Europie o zadawalających poziomach emisji (rok odniesienia: 1997).**

Lista przedstawia wybrane papiernie, których dane były dostępne lub dostarczone i dlatego nie jest sporządzona jako kompletna. Dane pochodzą od personelu. Metoda analizy - taka jak stosowana w danym kraju. W Szwecji wartości dla BZT są podawane jako BZT<sub>7</sub>.

Zakładając odpowiednią konstrukcję i wydajność oczyszczalni ścieków oraz odpowiednią eksploatację i obsługę przez wykwalifikowanych operatorów poziomy emisji osiągnane w wyniku połączenia najlepszych dostępnych technik BAT odpowiadają wartościom podanym w tabeli 6.31. Ładunek zanieczyszczeń nie uwzględnia zanieczyszczeń z produkcji masy celulozowej.

Pomimo dużej ilości różnego rodzaju wyrobów z papieru można stwierdzić, że w zakładach, które stosują połączenie najlepszych dostępnych technik BAT uzyskuje się podobne emisje do wody. Nie odnotowano też istotnych różnic pomiędzy gatunkami papieru jeśli chodzi o zrzut zanieczyszczeń po odpowiednim oczyszczeniu ścieków z produkcji różnego rodzaju papieru (oprócz zakładów produkujących papiery specjalne; patrz rozdział 6.3.4)

Parametry	Jednostki	Papier niepowlekany wysokogatunkowy <sup>1</sup>	Papier powlekany wysokogatunkowy <sup>2</sup>	Bibułka sanitarna <sup>3</sup>
BOD <sub>5</sub>	kg/t	0.15-0.25	0.15-0.25	0.15-0.4
COD	kg/t	0.5-2	0.5-1.5	0.4-1.5
TSS	kg/t	0.2-0.4	0.2-0.4	0.2-0.4
AOX	kg/t	< 0.005	< 0.005	< 0.01 <sup>4</sup>
Ogółem P	kg/t	0.003-0.01	0.003-0.01	0.003-0.015
Ogółem N	kg/t	0.05-0.2 <sup>5</sup>	0.05-0.2	0.05-0.25
Ścieki - Ilość	m <sup>3</sup> /t	10-15 <sup>6</sup>	10-15	10-25 <sup>7</sup>

Uwagi:

- 1) Skład włóknisty mógł np. być następujący: 100 % bielona masa celulozowa siarczanowa a zawartość wypełniaczy i kleju do zaklejania papieru w masie mogła wynosić 15-30 %. Dla papieru zaklejonego w masie należy uwzględnić górne zakresy ChZT i BZT.
- 2) Skład włóknisty może być np. następujący: 100 % bielona masa celulozowa siarczanowa a zawartość wypełniaczy i mieszanki powlekającej mogła wynosić 20-40 %. Uszlachetnianie papieru obejmuje zarówno zaklejanie powierzchniowe jak i zastosowanie mieszanek powlekających.
- 3) Skład włóknisty: w 100 % zakupiona masa chemiczna. Bibułka sanitarna wyprodukowana z mieszanki masy pierwotnej i makulaturowej – patrz także rozdział 5.4.2.
- 4) Wyższa wartość AOX może być spowodowana przez środki zwiększające wytrzymałość w stanie mokrym zawierające substancje chloroorganiczne.
- 5) Dla gatunków kolorowych emisja azotu może być wyższa w przypadku stosowania barwników azowych zawierających azot.
- 6) W zakładach produkujących gatunki kolorowe lub bardzo kolorowe zużycie wody świeżej zwykle nie spada poniżej 17 m<sup>3</sup>/t.
- 7) Zmiana gramatury lub prędkości maszyny papierniczej mają znaczny wpływ na jednostkowe zużycie wody. Niższe gramatury (do 12 g/m<sup>2</sup>) oraz niższe prędkości powodują wyższe jednostkowe zużycie wody.

**Tabela 6.31: Średnie roczne poziomy emisji i zużycia związane ze stosowaniem najlepszych dostępnych technik BAT w papierniach o nie zintegrowanej produkcji produkujących niepowlekany papier wysokogatunkowy, papierniach o nie zintegrowanej produkcji produkujących powlekany papier wysokogatunkowy oraz papierniach o nie zintegrowanej produkcji produkujących bibułkę higieniczną.**

Dane o emisji odnoszą się do nie zintegrowanej produkcji papieru. W Europie rośnie jednak ilość zakładów o częściowo zintegrowanej produkcji tj. produkuje się masę na część wsadu podczas gdy pozostała część jest produkowana z masy zakupionej. W takich przypadkach emisje z produkcji masy celulozowej muszą być dodane do emisji z produkcji papieru proporcjonalnie do udziału produkcji masy.

Tabela 6.31 powinna być odczytywana razem z następującymi dodatkowymi objaśnieniami:

**BZT:** W odpowiednio zaprojektowanych oczyszczalniach BZT jest usuwane niemal zupełnie (95%), jeśli stosunek węgiel – fosfor - azot oraz zapas tlenu są utrzymywane na odpowiednim poziomie i są dobrze kontrolowane. W przypadku zakłóceń lub, jeśli jeden z parametrów odbiegnie od wielkości założonej, stężenie BZT w ściekach zaczyna rosnać. W takiej sytuacji należy skorygować parametry pracy i / lub przeprowadzić analizę biomasy. Poziomy BOD<sub>5</sub> zwykle są poniżej 25 mg BOD<sub>5</sub>/l i mogą osiągać wartości 5 mg/l (niemal zupełne usunięcie). Jednak, poziomy BZT w granicach 5 mg/l nie dają się mierzyć dokładnie i nie zapewniają odtwarzalności wyników. W zależności od przepływu wody odpowiada to wielkości 0.15 kg BOD<sub>5</sub>/t (przy 10 mg/l i przepływie 15 m<sup>3</sup>/t) i odpowiednio 0,25 kg BOD<sub>5</sub>/t (przy 25 mg/l i przepływie 10 m<sup>3</sup>).

**ChZT:** W zależności od produkowanego gatunku papieru, stosowanej techniki zapobiegania i kontroli emisji oraz przepływu wody na tonę wyrobu, ścieki z papierni po oczyszczeniu zawierają od 50 do 150 mg COD/l.

**Zawiesina ogólna:** W normalnych warunkach pracy woda z osadnika wtórnego jest dość klarowna i zawartość zawiesiny ciał stałych wynosi od 20 do 30 mg/l. Odpowiada to zrzutowi 0,2 – 0,4 kg zawiesiny ogólnej/t. Wartości zależą od ładunku powierzchniowego w osadniku wtórnym i właściwości biomasy. Stosując biofiltrację zwykle uzyskuje się także niższe stężenia.

**AOX:** Obecnie zrzut substancji chloroorganicznych jest bardzo niski, ponieważ zakupiona masa stosowana w papierniach o nie zintegrowanej produkcji jest zwykle masą bieloną ECF lub TCF. Oczyszczanie za pomocą osadu czynnego powoduje dalszą redukcję AOX (adsorbowlanych organicznych chlorowców) w zakresie od 30 do 50 %. Jednak redukcja ta jest częściowo osiągana przez odpędzanie tych związków podczas oczyszczania ścieków. W zależności od zakupionej masy i stosowanych chemikaliów zrzut związków chloroorganicznych w papierniach wynosi poniżej 0,005 kg/t.

**N i P:** Mineralne pożywki zwykle są dodawane w biologicznej oczyszczalni ścieków w celu utrzymania równowagi C: P: N, która ma decydujące znaczenie dla wzrostu aktywnej biomasy. Określenie oraz utrzymanie równowagi pomiędzy podatnymi na rozkład biologicznymi związkami węgla, azotu i fosforu wymaga zastosowania odpowiednich pożywek. Zwykle fosfor jest dodawany w postaci kwasu fosforowego a azot w formie mocznika. W przypadku zoptymalizowanego układu można uzyskać zrzut pożywek na poziomie poniżej 1 mg P ogółem/l i 5 mg N ogółem/l. Ładunki wynoszą odpowiednio 0,003 – 0,001 kg P/t i 0,05 – 0,2 kg N/t.

### Metody zmniejszenia emisji do atmosfery

Emisje do atmosfery w papierniach o nie zintegrowanej produkcji pochodzą zwykle z kotłów parowych i instalacji energetycznych. Są to z reguły standardowe kotły i nie różnią się od innych instalacji energetycznych. Zakłada się, że są regulowane podobnie jak inne instalacje o takiej samej wydajności. Dlatego w tym rozdziale najlepsze dostępne techniki BAT zostaną omówione krótko.

1. Instalowanie technologii zapewniającej niski poziom NO<sub>x</sub> w kotłach pomocniczych.
2. Zmniejszenie emisji SO<sub>2</sub> z kotłów parowych przez stosowanie oleju o niskiej zawartości siarki oraz węgla lub kontrolę emisji S.
3. Stosowanie połączonego wytwarzania ciepła i energii.
4. Stosowanie odnawialnych źródeł energii takich jak drewno lub odpady drewna w celu zmniejszenia emisji kopalnego CO<sub>2</sub> (tylko w przypadku jeśli produkcja papieru jest połączona z produkcją masy pierwotnej).

Poziomy emisji charakterystyczne dla najlepszych dostępnych technik BAT z kotłów pomocniczych spalających własne biopaliwa i / lub różne paliwa kopalne są podane w poniższej tabeli. Należy zwrócić uwagę, że kotły pomocnicze w przemyśle celulozowo-papierniczym charakteryzują się różną wielkością (od 10 do ponad 200 MW). Dla mniejszych kotłów, ze względu na koszty, można stosować tylko techniki wykorzystania paliwa o niskiej zawartości S oraz spalania, podczas gdy dla większych kotłów także metody kontroli. Różnica ta jest widoczna w poniższej tabeli. Wyższe poziomy są uznane jako BAT dla mniejszych instalacji i są uzyskiwane w przypadku stosowania tylko paliwa o odpowiedniej jakości oraz wewnętrznych metod kontroli; niższe poziomy (w nawiasach) są związane z dodatkowymi metodami kontroli takimi jak SNCR czy płuczki gazów i są traktowane jako BAT dla większych instalacji.

Emisje	Węgiel	Paliwo olejowe ciężkie	Olej napędowy	Gaz	Biopaliwa (np. kora)
mg S/MJ doprowadzanego paliwa	100 - 200 <sup>1</sup> (50 - 100) <sup>5</sup>	100 - 200 <sup>1</sup> (50-100) <sup>5</sup>	25-50	<5	< 15
mg NO <sub>x</sub> /MJ doprowadzanego paliwa	80 - 110 <sup>2</sup> (50-80 SNCR) <sup>3</sup>	80 - 110 <sup>2</sup> (50-80 SNCR) <sup>3</sup>	45-60 <sup>2</sup>	30 -60 <sup>2</sup>	60 -100 <sup>2</sup> (40-70 SNCR) <sup>3</sup>
mg pył/Nm <sup>3</sup>	10 - 30 <sup>4</sup> przy 6% O <sub>2</sub>	10 - 40 <sup>4</sup> przy 3 % O <sub>2</sub>	10-30 3% O <sub>2</sub>	< 5 3% O <sub>2</sub>	10 - 30 <sup>4</sup> przy 6% O <sub>2</sub>
Uwagi: 1) Emisja siarki z kotłów opalanych olejem lub węglem zależy od dostępności oleju o niskiej zawartości S oraz węgla. Można w pewnym stopniu ograniczyć zawartość siarki przez wtryskiwanie węgla wapnia. 2) Stosowano tylko technologię spalania. 3) Stosowano także metody dodatkowe takie jak SNCR; tylko dla większych instalacji 4) Wartości uzyskane przy zastosowaniu elektrofiltrów. 5) Przy zastosowaniu płuczki gazów; tylko dla większych instalacji					

**Tabela 6.32: Poziomy emisji charakterystyczne dla najlepszych dostępnych technik BAT dla różnych paliw**

Jednostkowe emisje do atmosfery na tonę papieru zależą od warunków panujących w danym zakładzie. Różnice w emisji do atmosfery na tonę wyrobu zależą od dwóch najważniejszych czynników: rodzaju energii z uwzględnieniem stosowanego paliwa i stosowanych technik ograniczenia emisji do atmosfery oraz ilości zużywanej pary i energii na tonę wyrobu. Rodzaj papieru, zapotrzebowanie energii w celu osiągnięcia określonej jakości papieru oraz stosowanie technologii zapewniającej skuteczne wykorzystanie energii mają wpływ na jednostkowe zapotrzebowanie pary i energii elektrycznej.

Pierwszy aspekt, wybór pomiędzy gazem, paliwem olejowym lub węglem, drewnem lub energią elektryczną zależy w znacznej mierze od warunków ekonomicznych i wyszczególnianie paliw reprezentujących BAT nie wchodzi w zakres niniejszego dokumentu. Jednak tam gdzie dostępny jest gaz ziemny oraz są odpowiednie warunki ekonomiczne, gaz ziemny jest uznany jako reprezentujący najlepsze dostępne techniki BAT. Olej napędowy uznawany jest jako reprezentujący poziom BAT, jeśli zawiera 1% lub mniej siarki.

Poniżej omówiono zapotrzebowanie energii w sprawnie pracujących papierniach.

Emisje przypadające na określony wyrób można określić na podstawie połączonego układu dostarczenia pary i energii elektrycznej, wyboru paliwa, stosowanych technik ograniczenia emisji do atmosfery oraz zużycia energii.

Dla papierów powlekanych staranny wybór receptury mieszanki powlekającej jest uznany za reprezentujący poziom BAT. W ten sposób można wyeliminować lub ograniczyć emisję lotnych związków organicznych oraz substancji takich jak np. akrylonitryl lub formaldehyd, które mogą występować w powietrzu odprowadzanym z maszyn powlekających. Należy unikać mieszanek powlekających zawierających substancje rakotwórcze.

## Metody zmniejszenia ilości odpadów stałych

1. Zmniejszenie do minimum wytwarzania odpadów stałych oraz odzyskiwanie, ponowne wykorzystanie i recykling materiałów nadających się do ponownego wykorzystania w jak największym stopniu.
2. Oddzielna zbiórka frakcji odpadów w miejscu ich powstawania i, jeśli to będzie konieczne, pośrednie składowanie pozostałości/opadów w celu przeznaczenia większej ilości odpadów do ponownego wykorzystania lub recyklingu zamiast wywożenia na wysypiska.
3. Ograniczenie strat włókien i wypełniaczy.  
Dawniej oraz w starszych fabrykach dominującą techniką było stosowanie zbiorników sedymentacyjnych. Można uzyskać znacznie wyższą sprawność oddzielania stosując filtry tarczowe lub mikroflotację.
4. Odzyskiwanie i recykling mieszanek powlekających.  
Ultra - filtracja do odzyskiwania mieszanek powlekających jest stosowana z powodzeniem w wielu papierniach przy nikłych negatywnych skutkach (lub ich braku) na jakość papieru wysokogatunkowego lub dwustronnie powlekanego do druku ilustracji przy stosowaniu koncentratu mieszanki powlekającej. W papierniach produkujących papier do drukowania czasopism ilustrowanych mogą być stosowane niewielkie ilości koncentratu UF bez niekorzystnego wpływu na jakość produkowanego papieru. Jednak stosowanie tej techniki wymaga uwzględnienia wielu aspektów technicznych i logistycznych, co utrudnia jej wykorzystanie w mniejszych papierniach.
5. Wstępne oczyszczanie osadu (odwodnienie) przed dalszą utylizacją i ostatecznym usunięciem.  
Istnieje szereg technik odwadniania osadu i odpadów. Zawartość substancji suchej zależy od właściwości osadu i stosowanych technik odwadniania. Wyższa zawartość substancji suchej zwykle oznacza niższe wymagania odnośnie transportu i wyższą wartość opałową osadu, co ma znaczenie w przypadku spalania osadu. W przypadku wywożenia osadu, biologiczna stabilizacja może poprzedzać odwadnianie.
6. Ograniczenie ilości odpadów wywożonych na wysypiska.  
Identyfikacja możliwości stosowania operacji odzyskiwania odpadów i - jeśli jest to możliwe - utylizacja odpadów w formie recyklingu materiału lub spalania z odzyskiwaniem energii.  
W niektórych przypadkach potrzebne jest stosowanie paliw wspomagających lub dodawanie osadów o wyższej wartości opałowej (np. kora, odpady drzewne) kiedy spalanie ogranicza ilość odpadów wywożonych na składowiska.

Ilość odpadów wywożonych na wysypiska zależy głównie od stopnia utylizacji i wybranych metod oczyszczania. Wybór metod oczyszczania zależy od czynników takich jak: miejscowa infrastruktura, koszty i konkurencja innych przemysłów. Należy zwrócić uwagę, że niewiele jest szczegółowych i rzetelnych informacji na temat ilości odpadów stałych. Występuje brak statystycznych danych i w Europie stosowane są różne terminy do określania frakcji odpadów. Dlatego unika się podawania wartości ilości odpadów stałych wywożonych na składowiska.

## Metody oszczędzania energii

W tym sektorze stosowanie energooszczędnych technologii jest uznane za reprezentujące najlepsze dostępne techniki BAT. Istnieje wiele opcji oszczędzania energii stosowanych w różnych fazach procesu produkcji papieru. Zwykle metody te są związane z inwestycjami wymiany, przebudowy lub modernizacji wyposażenia. Ze względów ekonomicznych mniejsze papirnie mogą mniej inwestować w nowe energooszczędne technologie. Należy zauważyć, że metody energooszczędne są stosowane nie tylko ze względu na oszczędność energii. Wydajność produkcji, poprawa jakości wyrobu i zmniejszenie ogólnych kosztów to najważniejsze czynniki decydujące o podjęciu inwestycji. Dlatego energooszczędne technologie mogą być uznane jako

techniki, które dotyczą wielu innych aspektów produkcji papieru.

Istnieje szereg metod zmniejszenia zużycia pary i energii:

1. Wdrożenie systemu monitorowania zużycia i wydajności energii. Na podstawie wiarygodnych informacji o wydajności układu energetycznego można podjąć odpowiednie działania. Gospodarka energetyczna w zakładzie obejmuje regulację, kontrolę, przegląd oraz zmianę założonych wielkości.
2. Bardziej efektywne odwadnianie wstęgi papieru w części prasowej maszyny papierniczej dzięki stosowaniu technologii prasowania o szerokiej strefie docisku (ze stałym elementem odwadniającym). Nie dotyczy to papierni produkujących bibułkę higieniczną.
3. Stosowanie bardziej wydajnych technologii jak np. rozwłóknianie przy wysokim stężeniu, mielenie z zachowaniem zasad najlepszej praktyki, formowanie papieru na maszynie dwusitowej, optymalizację układów próżniowych, napędy o regulowanej prędkości dla wentylatorów i pomp, silniki elektryczne o wysokiej wydajności, dobór silników o odpowiedniej wielkości, odzyskiwanie pary i kondensatu, zwiększenie substancji suchej na prasie zaklejającej lub układy rekuperacji ciepła dla wyciąganego powietrza. Niektóre z tych technik mogą być wdrażane tylko w wyniku przebudowy lub wymiany urządzeń.
4. Zmniejszenie bezpośredniego zużycia pary przez odpowiednią integrację procesu stosując metodę drobnych poprawek nastawień układu.

W wielu europejskich krajach bilanse energetyczne papierni nie są podawane do wiadomości publicznej. Stosowane są różne (o ile w ogóle są stosowane) wzory raportów energetycznych. Zapotrzebowanie energii zależy także od jakości wyrobu (zwłaszcza w papierniach produkujących bibułkę tissue) i częściowo od miejscowych warunków. Dlatego trudno jest podać wartości zużycia energii reprezentujące poziom BAT. Zakresy zużycia energii w papierniach podane w tabeli 6.33 powinny być traktowane tylko jako przybliżona informacja o zapotrzebowaniu na ciepło i energię w sprawnie pracujących papierniach.. Dalsze przykłady sprawnie pracujących papierni z punktu widzenia gospodarki energetycznej z podaniem dokładnych warunków mogą być podane w kolejnej wersji dokumentu BREF.

Rodzaj papierni	Zużycie ciepła w procesie technologicznym (netto) w GJ/t	Zużycie mocy (netto) w MWh/t
Niepowlekany papier wysokogatunkowy z papierni o nie zintegrowanej produkcji	7.0 - 7.5	0.6 - 0.7
Powlekany papier wysokogatunkowy z papierni o nie zintegrowanej produkcji	7.0 - 8	0.7 - 0.9
Bibułka sanitarna z papierni o nie zintegrowanej produkcji	5.5 – 7.5 <sup>1)</sup>	0.6 - 1.1
Uwagi: 1) W papierniach produkujących bibułkę sanitarną zużycie energii zależy głównie od układu suszenia. Suszenie powietrzne i krepowanie powoduje znaczny wzrost zużycia ciepła do 25 GJ/t [według ETF]		

**Tabela 6.33: Informacja o zużyciu energii reprezentującym poziom BAT dla różnych rodzajów produkcji papieru na tonę wyrobu.**

Należy zauważyć, że zużycie pary może być od 10% do 25% wyższe w zależności od wielkości papierni. Zużycie energii elektrycznej może być od 5% do 20% wyższe w zależności od wielkości papierni. Stopień zmielenia masy ma także duży wpływ na zapotrzebowanie energii elektrycznej.

### **Tłumienie hałasu**

1. Najlepsze dostępne techniki BAT powodują ograniczenie poziomu hałasu słyszalnego w pobliżu papierni. Zastosowane środki będą zależały w dużej mierze od specyficznych problemów oraz od założonych wielkości docelowych. Zwykle wymagania są bardziej surowe, jeżeli zakład jest zlokalizowany w pobliżu dzielnic mieszkaniowych.

### **Stosowanie chemikaliów**

Najlepsze dostępne techniki BAT dotyczące stosowania chemikaliów:

1. Zapewniają dostępność bazy danych dla wszystkich użytych chemikaliów i dodatków zawierających informacje o składzie substancji chemicznej, podatności na rozkład, ich toksyczności dla ludzi i środowiska oraz ich potencjalnej bio-akumulacji.
2. Stosowanie zasady zastępowania tzn. stosowanie mniej szkodliwych produktów, jeśli jest to możliwe.
3. Środki pozwalające uniknąć przypadkowych zrzutów zanieczyszczeń do ziemi i wody podczas operacji manipulowania i składowania substancji chemicznych.  
Projektowanie i eksploatacja urządzeń w sposób, który uniemożliwi wydostawanie się niebezpiecznych substancji z układu.

#### **6.4.3 Najlepsze dostępne techniki BAT dla papierni produkujących papiery specjalne**

Papiernie produkujące papiery specjalne tworzą niezmiernie zróżnicowaną grupę obejmującą dużą ilość różnych wyrobów. Są to często mniejsze zakłady, lecz wiele z nich przekracza próg wymagający pozwolenia zintegrowanego (IPPC - zintegrowane zapobieganie i ograniczanie zanieczyszczeń) (20 t/dobę). Skład masy do produkcji poszczególnych wyrobów może zmieniać się znacznie i może zawierać masę chemiczną bieloną i niebieloną, włókna chemiczne, mineralne lub inne (np. bawełna, płótno, konopie, juta, słoma, szmaty lub glony).

Większość technik uznawanych za najlepsze dostępne techniki BAT dla papierni może być stosowanych także w tego rodzaju papierniach, lecz w różnym zakresie. Poniżej podane są dodatkowe wyjaśnienia dotyczące emisji do wody.

Niektóre papiernie produkujące papiery specjalne mają określone "środowiskowe problemy" (jak np. stosowanie rozpuszczalników, określonych dodatków, mieszanek, bardzo wysokie zapotrzebowanie wody świeżej itp.). Najlepsze dostępne techniki dla tych wyrobów nie są opisane w tym dokumencie.

Biologiczne oczyszczanie ścieków jest uznane jako najlepsza dostępna technika BAT dla papierni produkujących papiery specjalne o wyższym ładunku zanieczyszczeń organicznych w wyniku na przykład intensywnego mielenia (podczas którego część organicznego materiału rozpuszcza się) lub dodawania chemikaliów, które trafiają do ścieków. W innych papierniach ładunek organicznych zanieczyszczeń może być zbyt niski dla oczyszczania biologicznego. W papierniach produkujących papiery specjalne można uzyskać wartości stężenia dla BZT (25 mg/l) i zawiesiny (20 - 40 mg/l), które są podobne do wartości uzyskiwanych w innych papierniach. Ładunek zanieczyszczeń - obejmujący ładunek zanieczyszczeń organicznych wyrażony jako ChZT – odprowadzany do odbiornika ścieków będzie często wyższy niż w

innych papierniach z powodu wyższego przepływu strumieni wodnych i ścieków.

Jednostkowa ilość wody może się znacznie wahać w zależności od własności wyrobów i stosowanych procesów technologicznych. W papierniach produkujących papiery specjalne także istnieją możliwości zminimalizowania zużycia wody. Jednak woda może być zawracana tylko w ograniczonym zakresie z powodu technologii produkcji tych papierów (np. wzrost temperatury spowodowany intensywnym mieleniem), wymagania jakościowe dla poszczególnych rodzajów papieru (np. przewodnictwo elektryczne, przezroczystość itp.) lub niezgodność niektórych chemikaliów rozpuszczonych w różnych obiegach wodnych. Specjalne papiery są też często produkowane w mniejszych ilościach przy więcej niż jednej zmianie własności (np. gramatura, skład, kolor, szerokość) dziennie na jednej maszynie. Na przykład w papierni produkującej papiery specjalne może nastąpić zmiana produkowanego rodzaju papieru więcej niż 5 razy dziennie. W zależności od wymagań jakościowych może wystąpić potrzeba całkowitego opróżnienia i przemycia układów wodnych przy zmianie asortymentu.

Niektóre papiernie specjalne stosują różnorodne dodatki chemiczne w celu zapewnienia odpowiednich własności wyrobu. Te substancje chemiczne mogą zawierać związki chloroorganiczne lub azot związany organicznie co powoduje wyższe uwolnienie pożywek i AOX (absorbujących organicznych chlorowców).

Zakresy emisji przedstawione w tabeli 6.34 poniżej nie są oparte na takich samych informacjach jak odpowiednie poziomy dla innych rodzajów papieru opisane w niniejszym dokumencie. Powinny być traktowane raczej jako informacja o poziomie emisji z niektórych papierni produkujących papiery specjalne o nie zintegrowanej produkcji.

Parametry	Jednostki	Zakres
BZT <sub>5</sub>	kg/t	0.15-1.3
ChZT	kg/t	0.4-7.0
Zawiesina	kg/t	0.3-1.0
AOX	kg/t	< 0.005-0.01
Ogółem P	kg/t	0.01-0.04
Ogółem N	kg/t	0.15-0.4
Ilość ścieków	m <sup>3</sup> /t	15-50 <sup>1)</sup>
Uwagi: 1) Jednostkowe zużycie wody czasem przekracza 100 m <sup>3</sup> /t.		

**Tabela 6.34: Informacja o poziomach emisji z niektórych papierni produkujących papiery specjalne o nie zintegrowanej produkcji na bazie zakupionej masy chemicznej.**

## 6.5 Nowo powstające techniki

W niniejszym rozdziale opisano niektóre „obiecujące techniki”, które nie są jeszcze uznane za najlepsze dostępne techniki BAT, ponieważ są w fazie opracowywania. Niemniej jednak we właściwym czasie mogą być uznane za najlepsze dostępne techniki BAT i dlatego zostały pokrótce opisane. Należy zwrócić uwagę, że opis obiecujących technik w niniejszym rozdziale nie ma na celu wyczerpującego przeglądu wszystkich istotnych osiągnięć.

## Wstęp

Ostatnie osiągnięcia oraz przewidywany rozwój technologii pokazuje, że papiernia przyszłości będzie posiadać następujące cechy:

- Zmniejszenie zużycia wody oraz jednostkowych emisji poprzez zwiększone zawracanie wody do obiegu, stosowanie zamkniętego obiegu wody oraz wewnętrzne oczyszczanie wody
- Wzrost zużycia energii elektrycznej (jednostkowej)
- Obniżenie poziomu hałasu w papierni.

Dynamiczna symulacja oraz narzędzia integracji całego zakładu pomogą zoptymalizować zarządzanie procesem technologicznym w papierni. Automatyzacja oraz „inteligentne” rozwiązania będą coraz częściej stosowane w maszynach papierniczych. Na przykład czujniki pomogą przewidywać własności papieru za pomocą kilku odpowiednich pomiarów, co umożliwi szybką i sprawną kontrolę procesu np. w przypadku zmiany rodzaju papieru. Produkcja na maszynach szybkobieżnych wymaga nowych metod pomiaru. Oprócz pomiarów stężenia i przepływów wykonywane będą analizy chemiczne w trybie „on-line” w celu optymalizacji procesu technologicznego.

Nakłady inwestycyjne na nowe, bardziej złożone technologie to ważny czynnik decydujący o zyskowności papierni, który działa na korzyść dużych papierni. Aktualnie obserwowana tendencja preferująca duże papiernie będzie nadal obowiązywać. Wzrastająca sprawność i zmniejszanie emisji są ze sobą ściśle związane. Technologie oczyszczania wody stają się coraz bardziej złożone. Odpowiednie wykorzystanie tych technik to kolejne wyzwanie dla małych papierni.

W niniejszym rozdziale przedstawione zostaną nowe, obiecujące techniki ograniczenia zużycia surowców oraz obniżenia poziomów emisji. Techniki te są nadal w fazie opracowywania. Niektóre z nich są w fazie badawczej z perspektywą ich wykorzystania w przyszłości, inne już pracują w kilku instalacjach na skalę przemysłową.

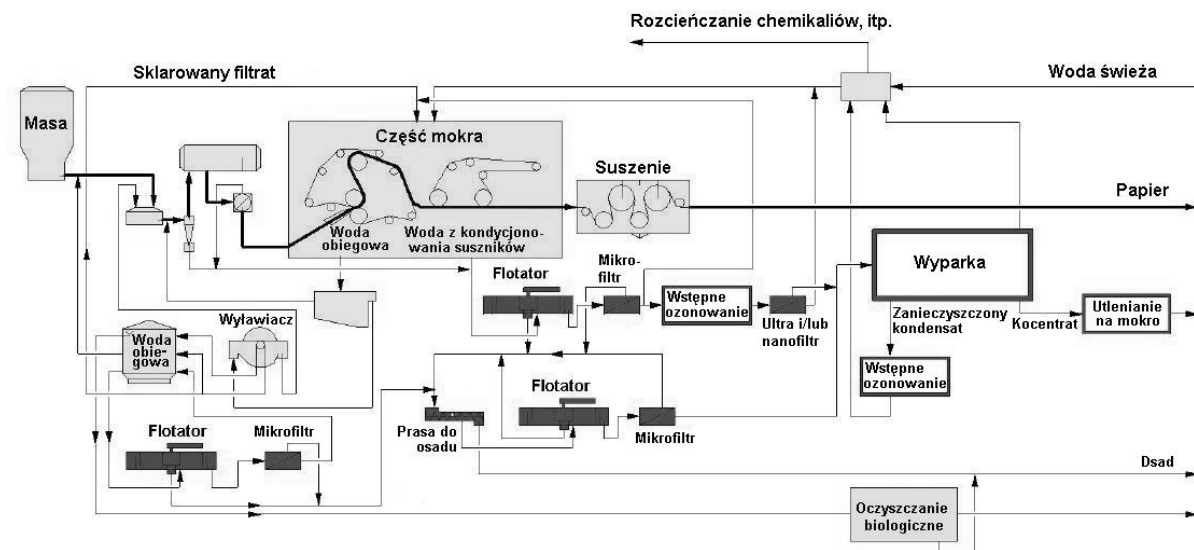
Informacja zawiera krótki opis techniki, ocenę stanu zaawansowania badań, korzyści dla środowiska, oddziaływanie na procesy i środowisko, aspekty ekonomiczne, jeśli takie dane są już dostępne oraz odnośniki do odpowiedniej literatury.

### 6.5.1 Papiernie o minimalnej ilości ścieków - zoptymalizowany projekt obiegu wody i zaawansowane technologie oczyszczania ścieków

**Opis:** Zaawansowane technologie oczyszczania ścieków w przemyśle celulozowo-papierniczym koncentrują się głównie na dodatkowych reaktorach biologicznych i membranowych, technikach filtracji takich jak: mikro-, ultra- lub nano-filtracja, oczyszczaniu ozonem i odparowaniu. Z powodu mniejszej liczby zastosowań w przemyśle, czasem stosunkowo wysokich kosztów oraz złożoności procesu oczyszczania ścieków z papierni, obecnie w skali przemysłowej pracuje tylko kilka instalacji oczyszczania trzeciego stopnia dla tych ścieków.

Techniki te mogą być stosowane do oczyszczania wewnątrzprocesowego (in-line) metodą tzw. „nerki” w celu wyeliminowania substancji, które mają negatywny wpływ na wydajność produkcji lub jakość papieru.

Rysunek 6.25 przedstawia przykład zastosowania kombinacji metod filtracji membranowej, ozonowania i odparowania do oczyszczania wody technologicznej w papierni. Jednak wybór i układ „nerek” w procesie produkcji powinny być ustalane oddzielnie dla każdej papierni.



**Rysunek 6.25: „Zestaw narzędzi” do wewnętrznego oczyszczania i ponownego wykorzystania wody w maszynie papierniczej [Edelmann, 1997]**

**Stan rozwoju:** Niektóre z tych technik są stosowane tylko w instalacjach pilotażowych. Doświadczenia w skali przemysłowej są ograniczone do kilku przykładów na świecie. Zależnie od stosowanych technik występują ciągle problemy z eksploatacją, a koszty są stosunkowo wysokie. Koszty zależą od eksploatacji i miejscowych warunków.

Techniki te jednak powinny być poważnie rozważane podczas budowy nowych papierni lub modernizacji albo zwiększenia wydajności istniejących papierni. Techniki zwiększonego zawracania wody do układu mogą być także stosowane w celu ograniczenia zużycia wody świeżej w istniejących papierniach, gdzie nie planuje się całkowitego zamknięcia obiegu wody. Oczekuje się, że techniki te w niedalekiej przyszłości będą coraz częściej stosowane w przemyśle papierniczym. Istnieje tendencja do przechodzenia z zewnętrznego oczyszczania ścieków (techniki oczyszczania na wyściu) na oczyszczanie wewnątrzprocesowe w trybie „in-line”. Można oczekiwać, że pionierami stosującymi te techniki będą zakłady zlokalizowane blisko odbiorników ścieków, które muszą spełniać bardzo surowe przepisy lub, kiedy odpowiednie organy nie zezwalają na zwiększenie ładunku zanieczyszczeń. Jeśli takie papiernie zamierzają zwiększyć wydajność muszą zastosować jedną z wymienionych technik.

Stan technologii oczyszczania wód obiegowych w przemyśle papierniczym może być podsumowany następująco:

- Filtry do wylawiania włókien (często stosowana technika). Można zwiększyć produkcję wysoko klarownego filtratu do ponownego wykorzystania.
- Flotacja (sprawdzona w skali przemysłowej)
- Prasy myjące (sprawdzone w skali przemysłowej)
- Technika odwadniania odrzutu i osadu (sprawdzona w skali przemysłowej)
- Konwencjonalne oczyszczanie biologiczne w różnych wariantach jak np. osad czynny (układ jedno- lub dwu-stopniowy z nośnikiem lub bez), złożo biologiczne zraszane (w połączeniu z osadem czynnym), biofiltry zanurzeniowe pracujące niezależnie (jedno- lub dwu-stopniowe) lub w połączeniu z osadem czynnym.. Wszystkie te techniki są uznawane za sprawdzone w przemyśle.
- Biologiczne oczyszczanie wewnątrzprocesowe „in line” (zrealizowano pierwsze

- zastosowania przemysłowe)
- Filtracja wstępna + filtracja membranowa (UF, NF) (zrealizowano pierwsze zastosowania przemysłowe)
- Filtracja wstępna + odparowanie (zrealizowano pierwsze zastosowania przemysłowe). Jeśli woda świeża będzie zastąpiona wodą z odparowania prawdopodobnie nie będzie to miało wpływu na aspekt chemiczny procesu ani na wytwarzanie papieru.
- Ozonowanie (pierwsze zastosowania w skali przemysłowej są spodziewane wkrótce). Jeśli woda świeża będzie zastąpiona wodą częściowo oczyszczoną istnieje niebezpieczeństwo gromadzenia się substancji, co może zakłócić proces. Na przykład nieorganiczne sole nie są usuwane i mogą wchodzić w reakcje z chemikaliami stosowanymi w procesie oraz z wyposażeniem. Ozonowanie jest ciągle uznawane za stosunkowo drogą technikę i należy rozwijać techniki mniej kosztowne. Potencjalne skutki działań powinny być pod kontrolą i należy poszerzać wiedzę na temat wymaganej jakości wody.
- Enzymatyczne oczyszczanie wody technologicznej (obecnie w fazie badań).

**Konsekwencje dla środowiska:** Celem zaawansowanych technologii oczyszczania ścieków/wód technologicznych jest zwykle usunięcie zanieczyszczeń, które nie zostały usunięte za pomocą zwykłego oczyszczania biologicznego, jak np. oczyszczania metodą osadu czynnego. Takimi zanieczyszczeniami mogą być resztkowe ChZT, barwa, pożywki lub zawiesina ciał stałych. Zaawansowane procesy oczyszczania wód pozwalają uzyskać wodę o wysokiej jakości. W konsekwencji istnieje większa szansa ponownego wykorzystania „ścieków” w procesie jako wody świeżej. W ten sposób zaawansowane procesy oczyszczania wód mogą przyczyniać się do dalszego zamknięcia obiegów wodnych. Mogą być jednak także stosowane do uzyskania niższych ładunków w ściekach odprowadzanych do odbiornika.

Bardzo często znaczny wzrost wydajności papierni jest sygnałem zachęcającym do poszukiwania nowych rozwiązań technicznych dających mniejszy poziom zanieczyszczeń. Niektóre organy władzy w Europie wymagają, aby ilość ścieków i odpadów z zakładu, który zamierza zwiększyć wydajność, nie przekraczała poziomu z okresu przed inwestycją. Oznacza to, że należy opracować nowe metody zmniejszenia zużycia wody świeżej oraz ograniczenia ilości odpadów stałych.

**Względy ekonomiczne:** Brak danych

Bibliografia:

[Edelmann, 1997], [Borschke, 1997]

### 6.5.2 Impulsowa technologia odwadniania papieru

**Opis:** Przyczyną skłaniającą do opracowania nowych technik odwadniania w przemyśle celulozowo-papierniczym, takich jak technologii impulsowej, była poprawa własności papieru. Jest to także technologia energooszczędna.

Technologia impulsowa umożliwia uzyskanie wysokiej zawartości substancji stałej po jednostce impulsowej, co daje oszczędności energii podczas operacji suszenia. W zwykłej części prasowej wstęga papieru osiąga suchość ok. 40 %. W prasach o rozszerzonej strefie docisku suchość wstęgi może wynosić ok. 50%. Według niektórych danych stosowanie suszenia impulsowego pozwala uzyskać suchość wstęgi na poziomie 55 - 65% przed częścią suszącą, co daje możliwość zmniejszenia zużycia ciepła. Wyższe poziomy suchości oznaczają, że mniejsza ilość wody musi być odparowana w części suszącej za pomocą pary a więc część susząca może być

mniejsza (krótsza). Uważa się, że technologia ta zapewni także większą gładkość powierzchni papieru przy większej integralności mechanicznej a wstęga zachowa wysoką sztywność zginania. Ta kombinacja własności jest bardzo cenna zarówno dla papierów opakowaniowych jak i papierów drukowych.

Technologia impulsowa jest próbą połączenia prasowania oraz suszenia w jednym procesie. Mokra wstęga papieru jest wystawiana na działanie intensywnego impulsu energii cieplnej pod ciśnieniem pomiędzy prasą i elementem grzewczym w maszynie papierniczej. Powoduje to nagły wzrost temperatury na powierzchni papieru do znacznie wyższych temperatur od tych, które są stosowane w tradycyjnej technologii.

Kiedy wstęga papieru styka się z gorącą powierzchnią, wytworzona para powoduje przemieszczanie wody we wstędze papieru. Gorąca strona wstęgi papieru jest ściśnięta z powodu termicznego zmiękczenia i może podlegać chemicznej modyfikacji. Natychmiast po opuszczeniu pierwszej jednostki wstęga przechodzi do drugiego stopnia impulsowego. W drugim stopniu, który oddziałuje na drugą stronę wstęgi, woda przemieszcza się w odwrotnym kierunku. Oba stopnie impulsowe powinny być odpowiednio zrównoważone tak aby zapewnić produkcję symetrycznej wstęgi.

**Stan rozwoju:** Zbadano oraz przeprowadzono próby różnych koncepcji tej technologii pod różnymi nazwami, takimi jak: prasowanie na gorąco lub suszenie ciśnieniowe. Prace nad rozwojem tej technologii są ciągle we wczesnej fazie.

W pracach tych napotkano wiele przeszkód i technologia nie doczekała się jeszcze wdrożenia w skali przemysłowej. Należy zwrócić uwagę, że prace badawczo-rozwojowe trwają od początku lat 1970-tych i nie nastąpił jeszcze decydujący przełom.

**Konsekwencje dla środowiska:** Poprzez wzrost suchości wstęgi papieru z 50 to 51% można uzyskać zmniejszenie ilości odparowanej wody o 35 kg wody/t papieru. Tak więc suszenie impulsowe może zmniejszyć ilość wody do odparowania o 175 - 350 kg/t papier. Spowodowałoby to zmniejszenie zużycia pary o 175 - 350 kg/t lub ok. 0,44 – 0,9 GJ/t papieru (przyjmując 2,5 MJ/kg pary), co odpowiada ok. 10 - 25 % obecnego zużycia pary w procesie produkcji papieru.

Jednak obliczając oszczędności energii należy uwzględnić także energię zużywaną przez sam proces suszenia impulsowego. Para nie może być wykorzystana gdyż proces ten wymaga wysokich temperatur. Z drugiej strony papiernie zwykle dysponują nadmiarem pary, która jest także mniej kosztowną energią. Tak więc konieczność zastosowania drogiej energii takiej jak energia elektryczna ogranicza możliwe korzyści dla środowiska oraz potencjalną rentowność tego rozwiązania.

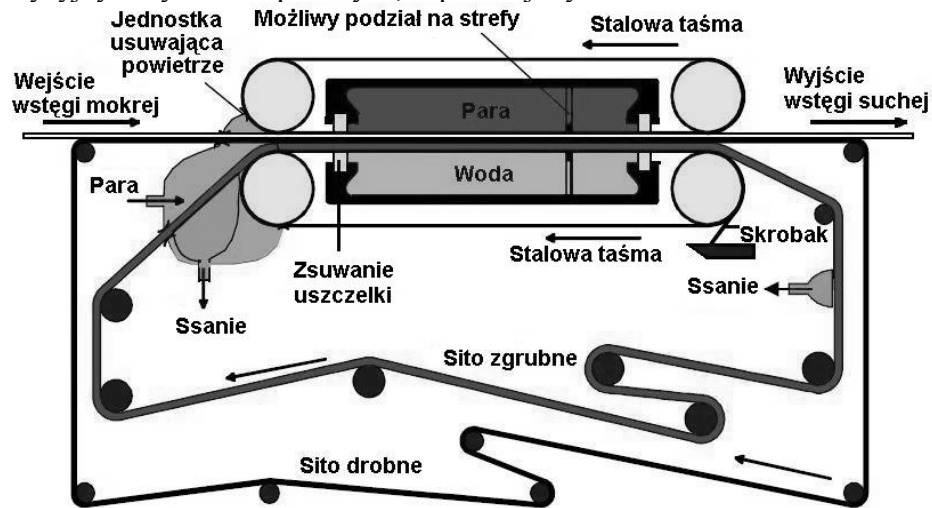
**Względy ekonomiczne:** Brak danych

#### **Bibliografia:**

[Talja, 1998], [SEPA-Report 4712-4, 1997 – raport SEPA 4712-4, 1997]

### 6.5.3 Proces Condebelt

**Opis:** Proces suszenia Condebelt® to nowa metoda suszenia papieru i tektury. Początkowo proces był stosowany do usprawnienia suszenia papieru i tektury i dopiero później zauważono poprawę własności wytrzymałościowych. W procesie suszenia Condebelt® wstęga papieru po opuszczeniu części prasowej jest suszona między dwoma stalowymi taśmami zastosowanymi zamiast tradycyjnych cylindrów parowych, co pokazuje rysunek 6.26.



Rysunek 6.26: Schemat procesu suszenia Condebelt (typ wysoko ciśnieniowy-Z)

Wstęga papieru przechodzi pomiędzy górną taśmą stalową ogrzewaną parą i dolną taśmą stalową chłodzoną wodą. Gorąca górna taśma powoduje odparowanie z wstęgi papieru wilgoci, która ponownie kondensuje na dolnej chłodzonej taśmie. Woda jest odprowadzana przez stalową taśmę i sito zgrubne. Sito drobne pomiędzy wstęgą i sitem zgrubnym ogranicza markowanie sita na spodniej stronie wstęgi. Powierzchnia wstęgi po zetknięciu z gorącą taśmą staje się bardzo gładka. Wysokie ciśnienie i wysoka temperatura we wstędze powoduje zmiękczenie hemicelulozy i ligniny we włóknach, co z kolei powoduje „zgrzewanie” włókien. W ten sposób uzyskujemy wyższą wytrzymałość oraz lepszą ochronę przeciw niekorzystnym wpływom wilgoci. W tej sytuacji można zrezygnować z zaklejania powierzchniowego, chociaż normalnie taka operacja byłaby stosowana.

Proces suszenia Condebelt® poprawia znacznie wytrzymałość papieru (20 - 60%), gładkość powierzchni, stateczność wymiarową oraz odporność na wilgoć. Stosując proces suszenia Condebelt® do produkcji papieru z włókien wtórnych można uzyskać takie same własności wytrzymałościowe jak w przypadku papieru produkowanego z masy pierwotnej z zastosowaniem konwencjonalnego suszenia.

**Stan rozwoju:** Obecnie (1999) w procesie przemysłowym pracują dwie instalacje procesu suszenia Condebelt. Pierwsza pracuje od maja 1996 roku w papierni Pankakowski należącej do Stora Enso w Finlandii i produkuje karton tulejowy, karton na pokrycie tektury falistej i tektury specjalne. Druga instalacja została uruchomiona w styczniu 1999 roku w papierni Ansan należącej do Dong Il Paper Mfg. Co.Ltd. w Południowej Korei produkującej karton na pokrycie tektury falistej i papier na warstwę pofalowaną.

Ponieważ proces suszenia Condebelt<sup>®</sup> został wykorzystany w dwóch instalacjach pracujących na skalę przemysłową może być uznany za technikę dostępną a nie nowo powstającą. Jednak najważniejszą przyczyną inwestowania w proces suszenia Condebelt<sup>®</sup> nie jest ochrona środowiska, lecz poprawa własności wyrobów.

**Konsekwencje dla środowiska:** Zastosowanie nowej technologii suszenia nie prowadzi bezpośrednio do oszczędności energii. Jednak poprawa wytrzymałości daje potencjalne możliwości oszczędności z powodu obniżenia gramatury. Oznacza to, że z tej samej ilości masy włóknistej można wyprodukować więcej metrów kwadratowych wyrobu bez obniżenia jego jakości. Ponadto, z powodu lepszych własności wstęgi papieru uzyskanych dzięki zastosowaniu procesu suszenia Condebelt pojawia się możliwość wykorzystania surowca o niższej jakości lub masy o wyższej wydajności (np. 10% mniej drewna na tonę kartonu na warstwę płaską tektury falistej). Wyższa wytrzymałość i lepsze zabezpieczenie przed niekorzystnym wpływem wilgoci może powodować, że zaklejanie powierzchniowe będzie zbędne chociaż normalnie taka operacja byłaby stosowana.

Chociaż jednostkowe zużycie energii elektrycznej i pary pierwotnej jest mniej więcej takie samo jak w przypadku suszenia tradycyjnego istnieją większe możliwości zaoszczędzenia energii cieplnej. Jest to spowodowane tym, że niemal cała ilość odparowanej wody oraz jej utajonego ciepła może być odzyskiwana z wody chłodzącej przy dość wysokiej temperaturze (zwykle ok. 80°C). Ta energia może być wykorzystana w innych częściach procesu także z zastosowaniem pompowania ciepła.

Reasumując: korzyści dla środowiska to potencjalne oszczędności surowców (masy włóknistej, środków zaklejających) oraz nieco wyższy potencjał odzyskania energii.

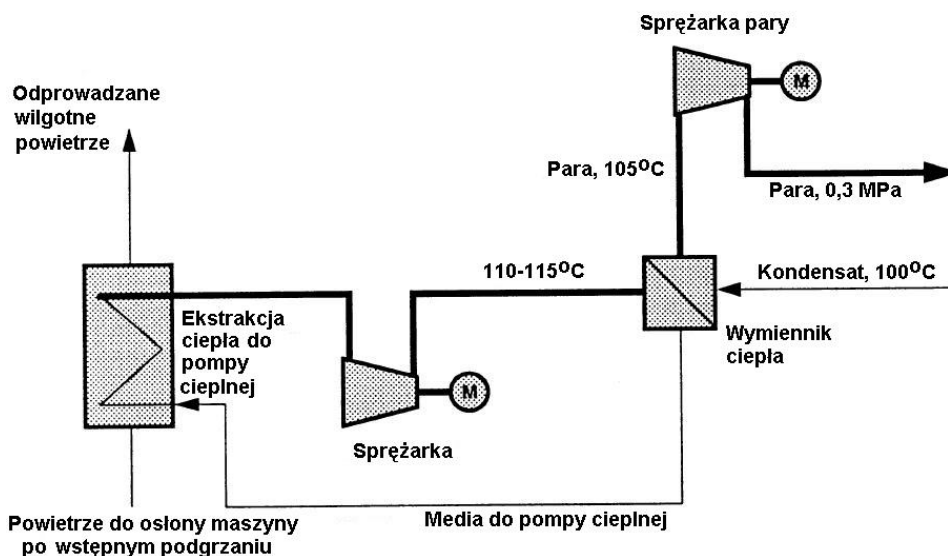
**Względy ekonomiczne:** Brak danych

### **Bibliografia**

[Retulainen, 1998], [Ojala, 1999]

#### **6.5.4 Wewnętrzne pompy ciepła**

**Opis:** Pompy ciepła są używane dla pompowania ciepła z jednego medium (np. powietrza) do innego (np. wody.) Rysunek 6.27 przedstawia przykład stosowania pompy ciepła dla maszyny papierniczej.



**Rysunek 6.27:** Układ z pompą ciepła do wytwarzania pary technologicznej.  
**Źródło ciepła** obejmuje wilgotne powietrze z maszyny papierniczej.

**Stan rozwoju:** W przemyśle celulozowo-papierniczym pompy ciepła mogą być stosowane w wielu miejscach procesu, lecz wysokie nakłady inwestycyjne ograniczają wykorzystanie tego rodzaju wyposażenia. Ponadto problemy środowiskowe związane z konwencjonalnymi mediami roboczymi dodatkowo utrudniają wykorzystanie pomp ciepła pomimo ich korzystnej termodynamiki.

**Konsekwencje dla środowiska:** Można podać następujący przykład: odprowadzane wilgotne powietrze ma temperaturę 105 °C przy temperaturze rosy 61 °C. W takim przypadku pompa ciepła może wytwarzać ciepło odpowiadające 750 kWh/t lub 2,7 GJ/t za pomocą tylko 1/3 czyli 250 kWh/t mocy zużywanej przez silniki sprężarki. Wynika to z typowej wartości współczynnika skuteczności równej 3.

**Względy ekonomiczne:** Potencjał tej technologii jest duży, ale ilość instalacji faktycznie pracujących w przemyśle celulozowo-papierniczym jest mała z powodu kosztów inwestycyjnych oraz wspomnianych trudności z odpowiednimi mediami roboczymi. Ponieważ jest to konwencjonalna technologia, potrzebny jest przełom wynikający z odkrycia lub opracowania nowego odpowiedniego medium oraz mniej kosztownego wyposażenia zwłaszcza po stronie urządzeń do sprężania.

#### **Bibliografia:**

[SEPA-report 4713-2, 1997 - Raport SEPA- 4713-2,1997]

### **6.5.5 Narzędzia integracji całego zakładu**

**Opis:** Ze względu na stopień złożoności procesu technologicznego produkcji papieru rozwój w tym sektorze jest realizowany stopniowo. Złożoność procesu technologicznego może być zilustrowana na przykładzie wykorzystania wody. Zwiększone zawracanie wody do obiegu będzie prowadzić do zmiany chemii procesu, obniżenia wykorzystania ciepła wtórnego, zmiany gospodarki wodnej, nowych strumieni odrzutu, zmian procesu oczyszczania ścieków, zwiększonego zużycia energii elektrycznej i zmniejszonego zużycia ciepła. Z drugiej strony na

zużycie energii ma także wpływ prędkość robocza i stan rozwoju operacji jednostkowych maszyny papierniczej. Wybór technologii procesu będzie miał wpływ na bilans energetyczny w zakładzie. Można wysnuć wniosek, że inteligentne rozwiązania technologiczne w przyszłości spróbują połączyć cały układ energii - wody - włókien - chemikaliów w celu odpowiedniego zintegrowania całego procesu wytwórczego.

**Stan rozwoju:** W fazie rozwoju znajduje się szereg narzędzi do komputerowej analizy złożonych układów, z uwzględnieniem skutków oddziaływania na procesy i środowisko, (pozycje od 1 do 9). Przeprowadzono także pierwsze analizy w papierniach o zintegrowanej produkcji.

Należy jednak zauważyć, że narzędzia do integracji całego zakładu nie eliminują potrzeby przeprowadzania badań w instalacji pilotażowej.

**Konsekwencje dla środowiska:** Najważniejszą sprawą jest opracowanie rozwiązań technologicznych umożliwiających obniżenie emisji do atmosfery i wody oraz jednocześnie ograniczenie powstawania odpadów stałych i zużycia energii. Nowy proces powinien spełnić wymagania lepszej jakości papieru i płynności eksploatacyjnej oraz lepszego zarządzania procesem. Wymaga to lepszego poznania procesów. Należy także zidentyfikować zmiany procesu spowodowane zastosowaniem nowych technik tak, aby umożliwić opracowanie odpowiedniej technologii.

Jest oczywiste, że nowe narzędzia optymalizacji procesu mogą wspomagać rozwój przyszłych procesów produkcji papieru. Niektóre narzędzia oparte na technice komputerowej obejmują następujące sprawy lub funkcje:

1. Informacja o stężeniach zanieczyszczeń w różnych fazach procesu.
2. Modele zachowania się zanieczyszczeń.
3. Parametry technologiczne dla metod oddzielania i oczyszczania.
4. Metody optymalizacji koncepcji oczyszczania wód z uwzględnieniem stężenia i zachowania się zanieczyszczeń.
5. Identyfikacja źródeł ciepła i urządzeń pochłaniających je.
6. Metody optymalizacji wykorzystania ciepła przez staranną integrację procesu.
7. Informacja o przewidywanej emisji z papierni do atmosfery i odbiorników ścieków oraz wytwarzaniu odpadów stałych, przy założeniu nowej koncepcji procesu,.
8. Szczegółowe zaprojektowanie procesu na podstawie dokonanego wyboru rozwiązań.
9. Metody analizowania i zwiększania płynności eksploatacyjnej procesu.

**Względy ekonomiczne:** Brak danych. Oprogramowanie narzędzi integracji całego zakładu nie jest dużą inwestycją, lecz potrzebni są wykwalifikowani pracownicy, którzy muszą poświęcić dużo czasu na dostosowanie oprogramowania do warunków panujących w danym zakładzie.

## **Bibliografia**

[Edelmann, 1999]