



KOMISJA EUROPEJSKA

Zintegrowane Zapobieganie i Ograniczanie Zanieczyszczeń (IPPC)

**Dokument Referencyjny BAT dla najlepszych dostępnych technik w przemyśle
szklarskim**

Grudzień 2001

STRESZCZENIE

Niniejszy dokument referencyjny dotyczący najlepszych dostępnych technik BAT (*Best Available Techniques*) w przemyśle szklarskim odzwierciedla wymianę informacji przeprowadzoną zgodnie z art. 16 ust. 2 dyrektywy Rady 96/61/WE. Dokument ten powinien być rozpatrywany w świetle wstępu, który określa jego cele i sposób wykorzystania.

Niniejszy dokument dotyczy działalności przemysłowej określonej w rozdziałach 3.3 i 3.4 załącznika do dyrektywy 96/61/WE:

- 3.3 Instalacje do produkcji szkła, w tym włókna szklanego, ze zdolnością topienia przekraczającą 20 ton dziennie.
- 3.4 Instalacje do wytopu substancji mineralnych, łącznie z produkcją włókien mineralnych, ze zdolnością topienia przekraczającą 20 ton dziennie.

Na potrzeby niniejszego dokumentu, działalność przemysłowa objęta powyższymi opisami w dyrektywie określana jest jako przemysł szklarski, podzielony na osiem sektorów w zależności od rodzaju wytwarzanych produktów. Sektory te częściowo się pokrywają i dzielą się na: szkło opakowaniowe, szkło płaskie, włókno szklane ciągłe, szkło gospodarcze, szkło specjalne (w tym szkło wodne), wełnę mineralną (z dwoma podsektorami, wełną szklaną i wełną kamienną), włókno ceramiczne i fryty.

Niniejszy dokument składa się z poniższych siedmiu rozdziałów oraz załączników zawierających informacje dodatkowe:

- 1. Informacje ogólne
- 2. Zastosowane procesy i techniki
- 3. Obecne poziomy zużycia i emisji
- 4. Techniki do rozważenia przy ustalaniu najlepszych dostępnych technik BAT
- 5. Wnioski dotyczące najlepszych dostępnych technik BAT
- 6. Nowe techniki
- 7. Wnioski i zalecenia
- 8. Załącznik 1 Przykładowe dane dotyczące emisji w instalacjach
- 9. Załącznik 2 Przykładowe bilansy siarkowe
- 10. Załącznik 3 Monitoring
- 11. Załącznik 4 Ustawodawstwo Państw Członkowskich

Celem niniejszego streszczenia jest podsumowanie głównych ustaleń omawianego dokumentu. Ze względu na charakter dokumentu głównego niemożliwe jest przedstawienie jego całej złożoności i wszystkich niuansów w tak krótkim podsumowaniu. Z tego powodu podano wiele odniesień do tekstu głównego i należy podkreślić, że tylko dokument główny w całości powinien być wykorzystywany do ustalenia najlepszych dostępnych technik BAT dla konkretnej instalacji. Opieranie takich ustaleń tylko na podstawie niniejszego streszczenia może prowadzić do wyjęcia informacji z kontekstu i błędnej interpretacji złożonych zagadnień.

2. Przemysł szklarski

Rozdział 1 dostarcza ogólnych informacji na temat przemysłu szklarskiego. Jego głównym celem jest umożliwienie zrozumienia w podstawowym zakresie tego przemysłu jako całości, co pomoże decydom spojrzeć na informacje podane dalej w dokumencie w kontekście wszystkich czynników mających wpływ na tę gałąź przemysłu.

Przemysł szklarski w Unii Europejskiej jest ogromnie zróżnicowany, zarówno pod względem wytwarzanych produktów jak i stosowanych technik produkcyjnych.

Zakres produktów obejmuje zarówno ręcznie formowane kielichy z kryształu ołowiowego o skomplikowanych kształtach jak i szkło "float" produkowane w ogromnych ilościach dla przemysłu budowlanego i samochodowego. Techniki produkcyjne wykorzystują zarówno małe piece elektryczne w sektorze włókien ceramicznych jak i piece regeneracyjne z bocznymi palnikami w sektorze szkła płaskiego wytwarzające do 700 ton dziennie. Szerzej pojęty przemysł szklarski obejmuje również wiele mniejszych instalacji, których produkcja kształtuje się poniżej progu podanego w załączniku 1 do dyrektywy - 20 ton dziennie.

Przemysł szklarski jest w istocie przemysłem towarowym, mimo, że w celu utrzymania konkurencyjności opracowanych zostało wiele sposobów dodawania wartości do produkowanych na wielką skalę wyrobów. Ponad 80% produkcji sprzedawane jest na potrzeby innych gałęzi przemysłu, a przemysł szklarski jako całość jest bardzo uzależniony od przemysłu budowlanego, spożywczego i rozlewniczego. Niektóre jednak sektory o mniejszej skali produkcji wytwarzają produkty techniczne i konsumpcyjne dające wysoką wartość.

Całkowita wielkość produkcji przemysłu szklarskiego w UE w 1996 r. została oszacowana na 29 milionów ton (z wyłączeniem włókien ceramicznych i fryt).

Poniższa tabela przedstawia udział poszczególnych sektorów:

Sektor	% całkowitej produkcji w UE (1996)
Szkło opakowaniowe	60
Szkło płaskie	22
Włókno szklane ciągłe	1,8
Szkło gospodarcze	3,6
Szkło specjalne	5,8
Wetna mineralna	6,8

Przybliżony udział poszczególnych sektorów w produkcji przemysłu szklarskiego (oprócz włókien ceramicznych i fryt)

Rozdział 1 podaje informacje dla każdego sektora pod następującymi nagłówkami: przegląd sektora, produkty i rynki, uwarunkowania handlowe i finansowe oraz główne zagadnienia dotyczące środowiska. Ze względu na różnorodność tej gałęzi przemysłu informacje dla poszczególnych sektorów bardzo się różnią. Dla przykładu, informacje podane dla sektora szkła opakowaniowego podsumowane są w poniższym akapicie. Porównywalne informacje, jeżeli są dostępne, podane są dla wszystkich sektorów.

Produkcja szkła opakowaniowego jest największym sektorem przemysłu szklarskiego w UE i stanowi około 60% całkowitej produkcji szkła. Sektor ten obejmuje produkcję opakowań szklanych, np. butelek i słoików, chociaż niektóre wyroby ze szkła stołowego

produkowane maszynowo mogą być również do niego zaliczone. W 1997 r. sektor ten wyprodukował ponad 17,3 milionów ton wyrobów szklanych w 295 piecach w UE, gdzie istnieje około 70 producentów posiadających łącznie 140 ciągów produkcyjnych. Opakowania szklane produkowane są we wszystkich Państwach Członkowskich UE z wyjątkiem Luksemburga. Dla przemysłu rozlewniczego przeznaczone jest około 75% całkowitej ilości opakowań szklanych. Główna konkurencja to opakowania z materiałów takich jak stal, aluminium, kompozyty tekturowe i tworzywa sztuczne. Znaczącym postępowaniem w sektorze jest zwiększone wykorzystanie szkła z recyklingu. Przeciętny wskaźnik odzysku odpadów/utylizacji konsumenckich w sektorze szkła opakowaniowego w UE wynosi około 50% całkowitej ilości wkładu surowcowego, a w przypadku niektórych ciągów produkcyjnych do produkcji wykorzystywane jest ponad 90% odpadów szklanych.

3. Zastosowane procesy

Rozdział 2 omawia procesy i techniki produkcyjne powszechnie spotykane w przemyśle szklarskim. Większość procesów może być podzielona na pięć podstawowych etapów: podawanie materiałów, topienie, formowanie, dalsze przetwarzanie i pakowanie.

Skutkiem różnorodności przemysłu szklarskiego jest wykorzystywanie szerokiego zakresu surowców. Techniki stosowane przy podawaniu materiałów, opisane w rozdziale 2.1 dokumentu referencyjnego BREF są wspólne dla wielu gałęzi przemysłu. Naczelnym zagadnieniem jest kontrola zapylenia związanego z podawaniem drobnoziarnistych materiałów. Głównymi surowcami do wytopu szkła są: surowce szklotwórcze (np. piasek krzemionkowy, stłuczka), półprodukty i modyfikatory (np. soda kalcynowana, wapień, skaleń) oraz środki barwiące i odbarwiające (np. żelaziak chromowy, tlenek żelaza).

Wytop, czyli połączenie poszczególnych surowców w wysokiej temperaturze w celu uzyskania płynnego szkła, jest głównym etapem jego produkcji. Proces wytopu jest skomplikowanym połączeniem reakcji chemicznych i procesów fizycznych, i może być podzielony na kilka etapów: ogrzewanie, topienie, klarowanie i homogenizacja oraz stabilizacja termiczna.

Podstawowe techniki wytopu są podsumowane poniżej. W sektorach wełny kamiennej i fryt stosuje się inne techniki, które omówione są szczegółowo w dokumencie głównym. Produkcja szkła wymaga wielkiej ilości energii, tak więc wybór jej źródła, techniki ogrzewania oraz metody odzysku ciepła są kluczowymi aspektami określającymi konstrukcję pieca. Są to jednocześnie najważniejsze czynniki mające wpływ na poziom emisji do środowiska oraz sprawność energetyczną procesu wytopu. Do produkcji szkła wykorzystywane są trzy główne źródła energii: gaz ziemny, olej opałowy i energia elektryczna.

Piece regeneracyjne wykorzystują regeneracyjne systemy odzyskiwania ciepła. Palniki zazwyczaj umieszczone są w kanałach doprowadzających powietrze do spalania/kanałach odciągowych spalin lub pod nimi. Ciepło zawarte w spalinach wykorzystywane jest do wstępnego ogrzania powietrza przed spalaniem poprzez przepuszczanie spalin przez komorę wyłożoną materiałem ogniotrwałym, który pochłania ciepło. Piec w danej chwili opalany jest tylko z jednej strony. Po około 20 minutach kierunek opalania zostaje zmieniony i powietrze do spalania przepuszczane jest przez komorę uprzednio nagrzaną przez spaliny. Można w ten sposób osiągnąć wstępne podgrzanie powietrza do temperatury 1400°C, co daje bardzo wysoką

sprawność cieplną. W piecach z bocznymi palnikami komory spalania palniki umieszczone są wzdłuż ścian pieca, a komory regeneracyjne po obu stronach pieca. W piecach regeneracyjnych z palnikami szczytowymi zasady działania są takie same, jednak obydwie komory regeneracyjne znajdują się przy tylnej ścianie pieca.

Piece rekuperacyjne wykorzystują w celu odzyskania ciepła wymienniki ciepła (zwane rekuperatorami), z ciągłym wstępnym podgrzewaniem przez spaliny powietrza do spalania. W przypadku rekuperatorów metalowych powietrze może być wstępnie ogrzane do temperatury najwyższej 800°C. Zdolność topienia (na jednostkę powierzchni topienia) pieców rekuperacyjnych jest około 30% mniejsza niż w przypadku pieców regeneracyjnych. Palniki umieszczone są wzdłuż każdej ściany pieca poprzecznie w stosunku do przepływu szkła i pracują z obu stron bez przerwy. Ten typ pieca stosowany jest zwykle tam, gdzie wymagana jest duża elastyczność operacji przy minimalnych początkowych nakładach finansowych szczególnie, gdy skala działalności jest zbyt mała, aby wykorzystać ekonomiczną zaletę regeneratorów. Piece rekuperacyjne bardziej nadają się do instalacji o małej wydajności, chociaż piece o wyższej wydajności (do 400 ton dziennie) nie są rzadkością.

Opalanie tlenowo-paliwowe polega na zastąpieniu powietrza do spalania tlenem (o czystości >90%). Eliminacja większości azotu z atmosfery spalania zmniejsza objętość gazów spalinowych o około dwie trzecie. Pozwala to na zmniejszenie zużycia energii, ponieważ nie trzeba podgrzewać atmosferycznego azotu do temperatury spalania. Bardzo mocno zmniejsza się również ilość powstających termicznych tlenków azotu. Generalnie piece typu tlenowo-paliwowego mają taką samą konstrukcję jak jednostki topliwe, z wieloma poprzecznymi palnikami i pojedynczym kanałem odciągu spalin. Jednakże piece zaprojektowane do opalania tlenem nie wykorzystują systemów odzysku ciepła dla wstępnego podgrzania tlenu dostarczanego do palników.

Piece elektryczne składają się z komory wyłożonej materiałem ogniotrwałym na szkieletie stalowym z elektrodami umieszczonymi po bokach, u góry lub najczęściej na dnie pieca. Energia do topienia dostarczana jest poprzez nagrzewanie oporowe podczas przepływu prądu przez roztopione szkło. Technikę tę stosuje się zwykle w przypadku małych pieców, szczególnie dla szkła specjalnego. Istnieje górna granica, co do ekonomiczności pieców elektrycznych, która uzależniona jest od kosztu energii elektrycznej w porównaniu z paliwami kopalnymi. Zastąpienie w piecu paliw kopalnych energią elektryczną eliminuje powstawanie produktów spalania.

Topienie z wykorzystaniem paliw kopalnych w połączeniu z energią elektryczną może występować w dwóch postaciach: opalanie głównie paliwami kopalnymi z dogrzewem elektrycznym lub ogrzewanie elektryczne ze wspomaganiami paliwami kopalnymi. Dogrzew elektryczny jest sposobem doprowadzenia do pieca szklarskiego dodatkowej ilości ciepła poprzez przepuszczanie prądu elektrycznego przez elektrody umieszczone na dnie basenu.

Rzadziej stosowana jest technika wspomaganie pieca ogrzewanego elektrycznie poprzez wykorzystanie paliw takich jak gaz czy olej.

Piece do wytopu okresowego stosowane są tam, gdzie potrzebne są mniejsze ilości szkła szczególnie, gdy skład szkła jest często zmieniany. W takich przypadkach wykorzystuje się piece donicowe lub wanny wyrobowe do topienia określonych zestawów surowców. Wiele tego typu procesów produkcji szkła nie podlegałoby kontroli Europejskiego Biura IPPC, ponieważ ich wydajność topienia jest

prawdopodobnie mniejsza niż 20 ton dziennie. Zasadniczo piec donicowy składa się z sekcji dolnej, w której wstępnie podgrzewane jest powietrze do spalania oraz z sekcji górnej, w której znajdują się donice i w której odbywa się proces topienia. Wanny wyrobowe są wersją rozwojową pieców donicowych i mają większą wydajność, około 10 ton dziennie. Konstrukcyjnie bardziej przypominają konwencjonalne piece czworokątne, lecz każdego dnia uzupełniane są nowym zestawem.

Specjalne konstrukcje pieców wytopowych zostały opracowane w celu podniesienia wydajności i zmniejszenia poziomu emisji do środowiska. Najbardziej znane tego typu piece to LoNOx i Flex Melter.

Poniższe akapity opisują aspekty głównych procesów i technik stosowanych w poszczególnych sektorach przemysłu szklarskiego.

Szkło opakowaniowe stanowi zróżnicowany sektor, w którym zastosowanie mają prawie wszystkie wyżej opisane techniki wytopu. Proces formowania odbywa się w dwóch etapach: pierwszy z nich to wstępne formowanie przedformy poprzez wytłaczanie przy pomocy wytłoczniaka lub przez wydmuchiwanie sprężonym powietrzem, drugi to formowanie końcowego wyrobu poprzez rozdmuchiwanie do otrzymaniażądanego kształtu. Te dwa procesy określane są odpowiednio jako sposób "tłocząco-dmuchaający" oraz sposób „dmuchaąco-dmuchaający”. Produkcja opakowań szklanych odbywa się prawie wyłącznie przy użyciu automatu rządowego (sekcyjnego) IS.

Szkło płaskie jest wytwarzane prawie wyłącznie z wykorzystaniem pieców regeneracyjnych z bocznymi palnikami. Podstawową zasadą procesu float jest wylanie stopionej masy szklanej na powierzchnię roztopionej cyny, gdzie powstaje tafla, której górna i dolna powierzchnia stają się równoległe do siebie w wyniku działania grawitacji i napięcia powierzchniowego. Po wyjściu z pieca float, tafla szklana przechodzi przez odprężarkę tunelową, gdzie stopniowe ochładzanie szkła redukuje naprężenia szczątkowe. W czasie tego procesu, na powierzchnię szkła mogą być nałożone powłoki w celu poprawienia właściwości produktu (np. nanoszenie powłoki o niskiej emisyjności).

Włókno szklane ciągle wytwarzane jest przy zastosowaniu pieców rekuperacyjnych lub pieców tlenowo-paliwowych. Szkło przepływa z pieca do zasilacza, gdzie przechodzi przez łożki tworząc włókna. Włókna ciągnięte są razem, następnie przechodzą po wałkach lub taśmach, na których każde z nich pokrywane jest powłoką wodną. Pokryte włókna łączy się w wiązki do dalszego przetwarzania.

Szkło gospodarcze stanowi zróżnicowany sektor obejmujący wiele produktów i procesów. Począwszy od ręcznie formowanych wyrobów o skomplikowanych kształtach z kryształu ołowiowego po zmechanizowane metody masowej produkcji wyrobów gospodarczych. Stosowane są prawie wszystkie wyżej wymienione techniki wytopu, od pieców donicowych po wielkie piece regeneracyjne. Procesy formowania są automatyczne, ręczne lub półautomatyczne. Po procesie produkcyjnym wyroby mogą być poddane obróbce wykończeniowej na zimno (szkło ołowiowe często jest rżnięte i polerowane).

Szkło specjalne również stanowi zróżnicowany sektor obejmujący wiele produktów różniących się znacznie składem, sposobem wytwarzania i przeznaczeniem. Najpowszechniej stosowane techniki to piece rekuperacyjne, piece gazowo-tlenowe,

piece regeneracyjne, elektryczne i wanny wyrobowe. Szeroki zakres produktów oznacza, że stosowanych jest wiele technik formowania. Najważniejsze z nich to: tłoczenie i wydmuchiwanie, walcowanie, prasowanie, formowanie tafli szklanej, ciągnięcie rur, formowanie włókien i rozpuszczanie (szkło wodne).

Wetna szklana wytwarzana jest zwykle z wykorzystaniem pieców elektrycznych, rekuperacyjnych opalanych gazem lub pieców tlenowo-paliwowych. Roztopione szkło przepływa wzdłuż zasilacza, następnie przez pojedyncze oczko zasilacza do obrotowej przędzarki odśrodkowej. Włókna powstają pod wpływem działania siły odśrodkowej łagodzonej przez gorące gazy ze spalania. Na włókna natryskiwany jest wodny roztwór żywicy fenolowej. Włókno pokryte żywicą jest zasysane na poruszający się przenośnik i trafia do pieca w celu wysuszenia i utwardzenia.

Wetna kamienna jest najczęściej produkowana z wykorzystaniem opalanych koksem pieców z podgrzewaniem dmuchu. Stopiony materiał zbiera się na dnie pieca i wypływa krótkim korytem na przędzarkę. Proces snucia włókien odbywa się przy pomocy powietrza, które również kieruje włókna na pasy zbierające. Z szeregu dysz na włókna natryskiwany jest wodny roztwór żywicy fenolowej. Dalej proces przebiega zasadniczo tak samo, jak w przypadku wetny szklanej.

Włókno ceramiczne jest wytwarzane wyłącznie w piecach elektrycznych. Stop jest rozwłókniany przez szybkoobrotowe koła lub wysokociśnieniowy strumień powietrza, po czym włókna kierowane są na pas zbierający. Produkt w tym miejscu może być zbelowany lub dalej przetworzony na koc lub w razie potrzeby sfilcowany. Może również zostać poddany dalszemu przetwarzaniu.

Fryty są produkowane z wykorzystaniem zarówno pieców do pracy ciągłej, jak i pieców do pracy okresowej. Często produkowane są małe partie różnych rodzajów fryt (o różnym składzie). Generalnie piece do topienia fryty opalane są gazem ziemnym lub olejem, a wielu producentów stosuje również piece tlenowo-paliwowe. Piece do pracy ciągłej mogą mieć jeden palnik umieszczony w ścianie bocznej lub w ścianie szczytowej. Piece do pracy okresowej mają kształt komory lub walca wyłożonego materiałem ogniotrwałym i osadzonego tak, aby umożliwić obrót. Stop może być oziębiony bezpośrednio w kąpeli wodnej lub pomiędzy walcami chłodzonymi wodą, dając produkt w formie płatków.

4. Poziom zużycia i emisji

W rozdziale 3 podane są informacje dotyczące przedziałów zużycia i emisji, które występują w przemyśle szklarskim w związku z procesami i technikami opisanymi w rozdziale 2. Czynniki wejściowe i wyjściowe omówione są najpierw dla całego przemysłu szklarskiego, a następnie dla poszczególnych jego sektorów. W rozdziale tym opisane zostały kluczowe dane dotyczące charakterystyki emisji, źródła emisji oraz zagadnienia energetyczne. Podanie tych informacji ma pomóc w ustaleniu dopuszczalnych poziomów dotyczących emisji i zużycia dla instalacji, dla której ma być wydane pozwolenie zintegrowane w kontekście innych procesów w tym samym sektorze lub w całym przemyśle szklarskim.

Podstawowe czynniki wejściowe procesu można podzielić na cztery główne kategorie: surowce (materiały wchodzące w skład produktu), energia (paliwa i elektryczność), woda oraz materiały pomocnicze (środki pomocnicze przy procesie, materiały czyszczące, chemikalia do uzdatniania wody itp.). Surowce stosowane w przemyśle

szklarskim to zwykle związki nieorganiczne w stanie stałym, które są naturalnie występującymi minerałami lub produktami sztucznie otrzymanymi. Występują one w różnych postaciach, od gruboziarnistej do drobno sproszkowanej. Stosowane są również płyny i gazy, zarówno jako materiały pomocnicze jak i paliwa.

W dokumencie głównym tabela 3.1 podaje surowce najczęściej używane do produkcji szkła. Surowce stosowane do formowania produktów oraz do dalszego przetwarzania (np. powłoki czy spoiwa) są typowe dla każdego sektora i będą omówione w kolejnych podrozdziałach. Przemysł szklarski jako całość nie jest znaczącym konsumentem wody, która używana jest głównie do chłodzenia, czyszczenia i nawilżania zestawu szklarskiego. Produkcja szkła pochłania duże ilości energii i dlatego paliwa stanowią istotny wkład w procesach produkcyjnych. Główne źródła energii w przemyśle szklarskim to olej opałowy, gaz ziemny i energia elektryczna. Zagadnienia dotyczące energii i paliw omówione są w podrozdziale 3.2.3 oraz w podrozdziałach dotyczących poszczególnych sektorów.

Podstawowe czynniki wyjściowe można podzielić na pięć głównych kategorii: produkt, emisje do atmosfery, odpady płynne, pozostałości stałe po procesie oraz energia.

We wszystkich sektorach przemysłu szklarskiego stosowane są surowce w postaci sproszkowanej, granulowanej lub pylistej. Przechowywanie i przenoszenie tych materiałów stanowi potencjalne źródło znacznych emisji pyłów.

Główne wyzwania związane z ochroną środowiska w przemyśle szklarskim dotyczą emisji do atmosfery i zużycia energii. Produkcja szkła wymaga wysokich temperatur i dużych ilości energii, czego skutkiem jest emisja produktów spalania oraz utleniania atmosferycznego azotu w wysokiej temperaturze tj. dwutlenku siarki, dwutlenku węgla i tlenków azotu. Emisje z pieców zawierają również pył i mniejsze ilości metali. Ocenia się, że w 1997 r. emisje do atmosfery w przemyśle szklarskim składały się z 9000 ton pyłu, 103500 ton NO_x, 91500 ton SO_x i 22 mln ton CO₂ (włącznie z piecami ogrzewanymi elektrycznie). Stanowiło to około 0,7% całkowitej emisji tych związków w UE. Całkowite zużycie energii w przemyśle szklarskim wyniosło około 265 PJ. Główne źródła emisji występujące w przemyśle szklarskim są podsumowane w poniższej tabeli.

Emisje	Źródło/Uwagi
Cząstki stałe	Kondensacja lotnych składników zestawów. Unoszone drobnoziarniste materiały z zestawów składników. Produkty spalania niektórych paliw kopalnych.
Tlenki azotu	Termiczne tlenki azotu powstałe w wysokich temperaturach wytopu. Rozkład związków azotu zawartych w składnikach zestawu. Utlenianie azotu zawartego w paliwach.
Tlenki siarki	Siarka w paliwie. Rozkład związków siarki w składnikach zestawów. Utlenianie siarkowodoru w czasie pracy pieców z podgrzewaniem dmuchu.
Chlorki/HCl	Obecne jako drobne zanieczyszczenia niektórych surowców, szczególnie w sztucznie otrzymywanym węglanie sodu. NaCl stosowany jako surowiec do produkcji niektórych szkieł specjalnych.
Fluorki/HF	Obecne jako drobne zanieczyszczenia niektórych surowców. Dodawane jako surowiec w produkcji fryt emaliowych w celu

Emisje	Źródło/Uwagi
	zapewnienia odpowiednich właściwości produktu końcowego. Dodawane jako surowiec w produkcji włókien szklanych ciągłych oraz do niektórych zestawów szklarskich w celu polepszenia topienia lub w celu uzyskania odpowiednich właściwości szkła np. opalizacji.
Metale ciężkie (np. V, Ni, Cr, Se, Pb, Co, Sb, As, Cd)	Obecne w postaci drobnych zanieczyszczeń w niektórych surowcach, stłuczce z recyklingu oraz paliwach. Stosowane w topnikach i środkach barwiących w produkcji fryt (głównie ołów i kadm). Stosowane w niektórych typach szkła (np. szkło ołowiowe i niektóre szkła kolorowe). Selen jest stosowany jako barwnik (szkło brązowe) lub środek odbarwiający w niektórych szklach bezbarwnych.
Dwutlenek węgla	Produkt spalania. Wydzielany w wyniku rozkładu węglanów obecnych w zestawach składników (np. soda kalcynowana, wapień).
Tlenek węgla	Produkt niecałkowitego spalania, szczególnie w piecach z podgrzewaniem dmuchu.
Siarkowódór	Powstaje z siarki zawartej w surowcach lub paliwach w piecach z podgrzewaniem dmuchu, ze względu na warunki redukujące w niektórych częściach pieca.

Podsumowanie emisji do atmosfery powstających podczas procesu topienia

Emisje powstające podczas dalszego przetwarzania różnią się znacznie dla poszczególnych sektorów i omówione są w podrozdziałach dotyczących poszczególnych sektorów. Pomimo, że w wielu sektorach techniki wytopu są bardzo podobne, to procesy dalszego przetwarzania są specyficzne dla każdego z sektorów. Emisje do powietrza mogą powstawać w wyniku: nakładania powłok i/lub suszenia, wtórnej obróbki (np. cięcia, polerowania itp.) oraz podczas formowania niektórych produktów (np. wełny mineralnej i włókien ceramicznych).

Emisje do środowiska wodnego są ogólnie stosunkowo niskie i istnieje zaledwie kilka poważnych zagadnień, które dotyczą przemysłu szklarskiego. W niektórych sektorach podejmowane są jednak działania, które wymagają dalszego rozważenia. Zostały one omówione w podrozdziałach dotyczących poszczególnych sektorów, w szczególności szkła gospodarczego, szkła specjalnego i włókien szklanych ciągłych.

Charakterystyczne dla większości sektorów jest to, że duża część wewnętrznie wyprodukowanych odpadów szklanych jest powtórnie przetwarzana. Wyjątek od tej zasady występuje w sektorze włókien szklanych ciągłych, włókien ceramicznych oraz u producentów, od których wymagana jest wysoka jakość wyrobów w sektorach szkła specjalnego i gospodarczego. W sektorach wełny mineralnej i fryt istnieje duże zróżnicowanie w ilości powtórnie przetwarzanych odpadów, od 0 do 100% w przypadku niektórych fabryk wełny kamiennej.

5. Techniki do rozważenia przy ustalaniu najlepszych dostępnych technik BAT

W wielu sektorach przemysłu szklarskiego wykorzystywane są wielkie piece o działaniu ciągłym i przeciętnym okresie funkcjonowania do 12 lat. Piece takie stanowią

znaczące zobowiązania kapitałowe, a ich ciągłe działanie i okresowe remonty zapewniają naturalny cykl inwestycyjny w procesie. Najbardziej ekonomiczne jest wprowadzanie istotnych zmian w technologii topienia podczas remontu pieca, co może również pośrednio wpłynąć na zmniejszenie wartości emisji. Podczas kampanii pieca istnieje możliwość wprowadzenia wielu usprawnień w funkcjonowaniu pieca, włącznie z instalacjami pomocniczymi.

Niniejsze podsumowanie pokrótce przedstawia główne techniki kontrolowania każdej substancji emitowanej podczas procesów wytopu i dalszego przetwarzania. Skupia się ono głównie na emisjach do atmosfery, jako, że są one najistotniejszymi emisjami powstającymi w wyniku procesów produkcji szkła. W rozdziale 4 podane są szczegółowe opisy każdej z technik, objaśnienia uzyskanych poziomów emisji, możliwości zastosowania danej techniki, kwestie finansowe i inne związane zagadnienia.

Cząstki stałe

Techniki do kontroli emisji cząstek stałych obejmują środki drugorzędne, głównie filtry elektrostatyczne i filtry workowe oraz zagadnienia ogólne w zakresie sterowania procesem.

Filtr elektrostatyczny składa się z szeregu wysokonapięciowych elektrod wyładowczych i odpowiadających im kolektorów. Cząsteczki zostają naładowane, a następnie oddzielone od strumienia gazu pod wpływem pola elektrycznego. Elektrofiltry bardzo skutecznie wychwytyją cząsteczki pyłu o średnicach od 0,1 μm do 10 μm , ich efektywność może wynosić 95-99%. Faktyczny poziom emisji jest różny w zależności od charakterystyki gazów odlotowych oraz konstrukcji elektrofiltra. Technika ta może być zasadniczo stosowana we wszystkich nowych, jak również istniejących instalacjach w każdym sektorze (z wyjątkiem pieców do produkcji wełny kamiennej ze względu na ryzyko wybuchu). Koszty będą prawdopodobnie wyższe dla istniejących instalacji szczególnie tam, gdzie ilość miejsca jest ograniczona.

W większości zastosowań nowoczesny, właściwie skonstruowany dwu- lub trzystopniowy elektrofiltr powinien osiągnąć wydajność 20 mg/m^3 . W korzystnych warunkach lub przy zastosowaniu filtru o dużej wydajności możliwe jest uzyskanie niskich poziomów emisji. Koszty są bardzo zróżnicowane i zależą w dużym stopniu od wymaganego poziomu emisji i ilości wytwarzanych spalin. Koszty główne (włącznie z oczyszczaniem/odsiarczaniem kwaśnego gazu) mieszczą się zasadniczo w przedziale od 0,5 mln do 2,75 mln euro, a koszty eksploatacyjne w przedziale od 0,03 mln do 0,2 mln euro rocznie.

Systemy filtrów workowych wykorzystują membrany tkaninowe, przepuszczające gaz, lecz zatrzymujące pyły. Pył osadza się na powierzchni oraz wewnątrz tkaniny i narastająca warstwa pyłu stopniowo staje się głównym czynnikiem filtrującym. Gaz może przepływać albo w kierunku od wewnątrz worka na zewnątrz, albo odwrotnie. Filtry workowe są bardzo skuteczne – oczekiwana skuteczność pochłaniania wynosi 95-99%. Możliwe jest uzyskanie emisji cząstek stałych na poziomie 0,1 mg/m^3 do 5 mg/m^3 , a w większości zastosowań można zapewnić emisję na poziomie nie przekraczającym 10 mg/m^3 . Możliwość uzyskania tak niskich poziomów emisji może być istotna, jeżeli wymagany jest niski poziom emisji metali, a pyły zawierają znaczne ich ilości.

Filtry workowe mogą być właściwie stosowane we wszystkich nowych i istniejących instalacjach w każdym sektorze, jednak ze względu na możliwość ich zapychania w pewnych warunkach, nie w każdym przypadku są one najlepszym wyborem. W większości przypadków istnieją techniczne rozwiązania tych trudności, jednak wiążą się one z kosztami. Główne i eksploatacyjne koszty filtrów workowych są porównywalne z kosztami filtrów elektrostatycznych.

Podstawowe techniki kontroli opierają się głównie na zmianach surowców oraz modyfikacjach pieców i sposobów ich opalania. W większości przypadków, podstawowe techniki kontroli nie są w stanie zapewnić poziomów emisji porównywalnych z filtrami workowymi i elektrofiltrami.

Tlenki azotu (NO_x)

Najbardziej odpowiednimi technikami kontroli emisji NO_x są głównie: zagadnienia ogólne w zakresie sterowania procesem, topienie z wykorzystaniem opalania tlenowo-paliwowego, chemiczna redukcja paliwem, selektywna redukcja katalityczna (SCR) i selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR).

Zagadnienia ogólne w zakresie sterowania procesem mogą zostać podzielone na dwa główne typy: „konwencjonalne” modyfikacje spalania i specjalne konstrukcje piecowe lub projekty mające na celu zoptymalizowanie procesu spalania. Opalanie tlenowo-paliwowe jest również techniką podstawową, lecz została ona omówiona osobno ze względu na jej specyfikę. Konwencjonalne modyfikacje spalania oparte są zazwyczaj na: zmniejszeniu stosunku powietrze/paliwo, obniżeniu temperatury wstępnego podgrzewania, stopniowym spalaniu i palnikach wytwarzających małe ilości NO_x, lub połączeniu tych technik. Koszty główne są zazwyczaj dość niskie, a koszty eksploatacyjne są często obniżone dzięki mniejszemu zużyciu paliwa i lepszemu spalaniu. Doszło w tej dziedzinie do znaczącego postępu, lecz możliwe do uzyskania redukcje emisji wyraźnie zależą od punktu wyjścia. Redukcja emisji NO_x wynosząca 40-60% nie jest rzadkością, a w niektórych zastosowaniach udało się nawet obniżyć poziom emisji poniżej 650-1100 mg/Nm³.

Zaprojektowane zostały specjalne konstrukcje piecowe, które umożliwiają obniżenie emisji NO_x, np. piec do topienia LoNO_x. Konstrukcje te są bardzo skuteczne, ale istnieją pewne ograniczenia operacyjne, które mają wpływ na ich stosowalność. Proces FENIX jest dostosowanym do danego pieca projektem, mającym na celu zoptymalizowanie procesu spalania w oparciu o zagadnienia ogólne w zakresie sterowania procesem. Według doniesień, dzięki temu procesowi udało się uzyskać emisje na poziomie 510 mg/Nm³ i około 1,1 kg/tonę wytopionego materiału, jednakże w obecnej chwili liczba jego zastosowań jest niewielka.

W systemie opalania tlenowo-paliwowego powietrze potrzebne do spalania zastąpione jest tlenem. Eliminacja większości azotu z atmosfery spalania zmniejsza objętość gazów spalinowych o około dwie trzecie. Pozwala to na oszczędność energii, ponieważ nie trzeba ogrzewać atmosferycznego azotu do temperatury spalania. Powstawanie termicznych tlenków azotu zostaje również znacznie zredukowane, ponieważ w atmosferze spalania obecny jest jedynie resztkowy azot z mieszanki tlenu i paliwa, azot z rozkładu azotanów oraz azot z powietrza niepożądanego.

Zasady systemu opalania tlenowo-paliwowego są dobrze ugruntowane i można uznać, że mają one zastosowanie w całym przemyśle szklarskim. W niektórych jednak

sektorach (szczególnie w sektorze szkła płaskiego i w sektorze szkła gospodarczego) technika ta jest uważana za technologię rozwojową związaną z potencjalnie wysokim ryzykiem finansowym. Podejmowane są znaczące prace rozwojowe i technika ta jest coraz powszechniej wykorzystywana w miarę wzrostu liczby instalacji. Zagadnienia jej dotyczące są bardzo skomplikowane i omówione zostały szczegółowo w rozdziale 4. Ekonomiczna konkurencyjność tej techniki zależy głównie od skali oszczędności energii (oraz względnych kosztów alternatywnych technik redukcji emisji) w porównaniu z ceną tlenu. Zarówno wykonalność techniczna jak i opłacalność tej techniki w dużym stopniu zależy od uwarunkowań danej lokalizacji.

Chemiczna redukcja paliwem dotyczy takich technik, w których paliwo dodawane jest do strumienia gazów odlotowych w celu dokonania chemicznej redukcji NO_x do N₂ w wyniku szeregu reakcji. Paliwo nie ulega spalaniu, lecz pirolizie tworząc rodniki, które reagują ze składnikami gazów odlotowych. Dwie główne techniki przeznaczone do stosowania w przemyśle szklarskim to proces 3R i proces powtórnego spalania. Oba procesy można obecnie stosować tylko w piecach regeneracyjnych. Proces 3R został w pełni dostosowany do wykorzystania w przemyśle szklarskim, a proces powtórnego spalania został wypróbowany w skali całej instalacji i przyniósł obiecujące wyniki. W procesie 3R możliwe jest uzyskanie poziomu emisji poniżej 500 mg/Nm³, co odpowiada wzrostowi zużycia paliwa o 6-10%. Oczekuje się, że proces powtórnego spalania po jego dopracowaniu pozwoli uzyskać porównywalny poziom emisji. Wzrost zużycia energii w obu technikach można znacznie zredukować przez zastosowanie systemów odzyskiwania energii oraz przez łączenie tych technik z zagadnieniami ogólnymi w zakresie sterowania procesem.

W procesie redukcji katalitycznej (SCR) tlenki azotu reagują z amoniakiem w obecności katalizatora w temperaturze około 400°C. Większość zastosowań w przemyśle szklarskim wymaga systemu trzystopniowego, włącznie ze zmniejszaniem ilości pyłu i oczyszczaniem/odsiarczaniem kwaśnego gazu. Systemy są zwykle zaprojektowane tak, aby osiągnąć redukcję rzędu 75-95%, co umożliwi osiągnięcie poziomu emisji poniżej 500 mg/Nm³. Koszty procesu selektywnej redukcji katalitycznej zależą głównie od ilości gazów odlotowych i pożądanej redukcji NO_x. Ogólnie, koszty główne (włącznie z elektrofiltrami i oczyszczaniem/odsiarczaniem) mieszczą się w przedziale od 1 mln do 4,5 mln euro, a koszty eksploatacyjne od 0,075 mln do 0,5 mln euro rocznie. Proces selektywnej redukcji katalitycznej może być zasadniczo stosowany we wszystkich nowych i istniejących instalacjach w każdym sektorze, w niektórych jednak przypadkach jego zastosowanie jest ograniczone. Przykładowo, technika ta nie została wypróbowana w piecach opalanych olejem ciężkim, przy produkcji wełny szklanej lub włókien szklanych ciągłych.

Selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR) działa na tej samej zasadzie, co proces SCR, lecz reakcje zachodzą w wyższych temperaturach (800-1100°C) bez obecności katalizatora. Proces ten nie wymaga zmniejszania ilości pyłu ani oczyszczania/odsiarczania kwaśnego gazu. Zwykle uzyskuje się redukcję rzędu 30-70%, przy czym czynnikiem krytycznym jest dostępność odpowiedniej ilości amoniaku we właściwym zakresie temperatur. Koszty główne mieszczą się w przedziale od 0,2 mln do 1,35 mln euro, a koszty eksploatacyjne wynoszą od 23000 do 225000 euro rocznie, w zależności od wielkości pieca. W zasadzie proces selektywnej redukcji niekatalitycznej może być zastosowany we wszystkich procesach produkcji szkła zarówno w nowych, jak i istniejących instalacjach. Głównym ograniczeniem zastosowania procesu selektywnej redukcji niekatalitycznej jest to, czy odczynnik może być wprowadzony do gazów odlotowych w takim punkcie systemu, w którym można

utrzymać odpowiednią temperaturę przez taki okres czasu, jaki wymagany jest do przeprowadzenia reakcji. Jest to szczególnie ważne w istniejących instalacjach oraz w piecach regeneracyjnych.

Tlenki siarki (SO_x)

Główne techniki stosowane do kontroli emisji SO_x to wybór paliwa, opracowanie zestawu składników i odsiarczanie kwaśnego gazu.

W przypadku opalania olejem, głównym źródłem SO_x jest utlenianie siarki w paliwie. Ilość SO_x pochodzącego z zestawu składników jest różna, w zależności od rodzaju szkła, ale zasadniczo emisje SO_x w wyniku spalania oleju przewyższają emisje ze składników zestawu. Najbardziej oczywistą metodą obniżenia emisji SO_x jest obniżenie zawartości siarki w paliwie. Dostępne są paliwa o różnym stopniu zasiarczenia (<1%, <2%, <3% i >3%), przy czym gaz ziemny nie zawiera siarki. Zmiana na paliwo o niższej zawartości siarki zasadniczo nie oznacza wyższych kosztów, z wyjątkiem wyższych cen paliwa. Zmiana paliwa na gaz wymaga innych palników oraz pewnych modyfikacji. Ceny różnych paliw podlegają znacznym wahaniom okresowym i są różne w poszczególnych Państwach Członkowskich. Zgodnie z wyjaśnieniami w rozdziale 5, zagadnienia finansowe i polityczne dotyczące cen i dostępności paliw oznaczają, że kwestia wyboru paliwa wykracza poza ramy niniejszego dokumentu. Chociaż przy spalaniu gazu ziemnego emisje SO_x będą niższe, to opalanie olejem o zawartości siarki do 1% spełnia warunki BAT. Spalanie paliw o wyższej zawartości siarki może być również uznane za spełniające warunki BAT, jeżeli zastosowane zostaną metody obniżenia emisji do odpowiedniego poziomu.

Przy konwencjonalnej produkcji szkła siarczany są głównym źródłem emisji SO_x ze składników zestawu. Siarczany są najczęściej stosowanymi środkami klarującymi, a także ważnymi środkami utleniającymi. W większości nowoczesnych pieców szklarskich ilość siarczanów w zestawach została zredukowana do minimalnego wymaganego poziomu, który waha się w zależności od rodzaju szkła. Kwestie dotyczące redukcji ilości siarczanów w zestawach omówione są w podrozdziale 4.4.1.1, a kwestie dotyczące recyklingu pyłów z elektrofiltrów i filtrów workowych w podrozdziale 4.4.3.3.

W produkcji wełny kamiennej ważnym źródłem emisji dwutlenku siarki (poza koksem) jest stosowanie w zestawach żużla wielopieczowego i cementowanych brykietów. Dostępność koksu i żużla o niskiej zawartości siarki jest ograniczona ze względu na brak ich źródeł w ekonomicznie uzasadnionych odległościach. Generalnie z większości zestawów żużel można wyeliminować, z wyjątkiem produkcji ograniczonych ilości włókna białego do specjalnych zastosowań. Używanie odpadowych brykietów cementowanych wymaga zachowania równowagi między minimalizacją odpadów, a redukcją emisji SO_x. Zależy to głównie od priorytetów i musi być brane pod uwagę łącznie z odsiarczaniem kwaśnego gazu. Zagadnienie to zostało szeroko omówione w rozdziałach 4 i 5 dokumentu głównego.

Zasady działania suchego i półsuchego odsiarczania spalin są takie same. Materiał reaktywny (sorbent) jest rozpylany w strumieniu gazów odlotowych. Sorbent reaguje z SO_x tworząc produkt w stanie stałym, który musi być usunięty ze strumienia gazu przy pomocy systemu elektrofiltrów lub filtrów workowych. Sorbenty używane do usuwania SO_x są również skuteczne w usuwaniu innych kwaśnych gazów. W procesie suchym, sorbentem jest zazwyczaj suchy proszek (najczęściej Ca(OH)₂, NaHCO₃ lub Na₂(CO)₃.

W procesie póluchym, sorbent (najczęściej Na_2CO_3 , CaO lub $\text{Ca}(\text{OH})_2$) jest dodawany w postaci zawiesiny lub roztworu, a parowanie zawartej wody schładza strumień gazu. Redukcja SO_x uzyskana przy zastosowaniu tych technik zależy od szeregu czynników, takich jak temperatura spalin, ilość i rodzaj dodanego sorbentu (a ściślej proporcja molowa substratów reakcji do polutantów) oraz rozproszenie sorbentu. Podrozdział 4.4.3.3 przedstawia skuteczność przy zastosowaniu różnych sorbentów i procesów.

Kompletny recykling pyłu z filtrów, w tym odpadów siarczanowych, jest często uznawany za właściwą opcję z punktu widzenia opłacalności i ochrony środowiska, oczywiście tam, gdzie jest to możliwe technicznie. Całkowita redukcja emisji SO_x ogranicza się (pod względem masy) do redukcji u źródła uzyskanej przez zastąpienie siarczanów w surowcach pyłem z filtrów (oczywiście łącznie z innymi zagadnieniami ogólnymi w zakresie sterowania procesem, mającymi na celu obniżenie łącznego wkładu siarki). Dlatego też, aby obniżyć emisję kwaśnych gazów, może okazać się konieczne rozważenie ustalenia zewnętrznej drogi odprowadzania części zgromadzonego materiału. Ustalenie, jaka metoda najlepiej służy całościowej ochronie środowiska, uzależnione jest od danej instalacji i może być związane z godzeniem sprzecznych priorytetów minimalizacji odpadów, i redukcji emisji SO_x . W takich przypadkach bilans związków siarki w procesie będzie niezbędny dla ustalenia poziomu emisji odpowiadającego warunkom BAT.

Dla recyklingu pyłu z filtrów w układzie zamkniętym obecnie uzyskiwane poziomy emisji SO_x mieszczą się zwykle w przedziale 200 - 800 mg/Nm^3 przy opalaniu gazem ziemnym i 800 - 1600 mg/Nm^3 przy opalaniu olejem opałowym o zawartości siarki 1%. Większość zainstalowanych systemów odsiarczania wykorzystuje suche odsiarczanie wapnem w temperaturze około 400°C. Jest to temperatura spalin otrzymana w piecach regeneracyjnych o dużej sprawności. W tych temperaturach poziom SO_x może zostać obniżony o 50%. Większa redukcja SO_x jest możliwa do osiągnięcia w temperaturze około 200°C i wilgotnej atmosferze, lecz wymaga to rozważenia dodatkowych zagadnień.

Odsiarczanie spalin jest niezmiernie skomplikowaną dziedziną, która wywołała wiele dyskusji w Technicznej Grupie Roboczej. Niezbędne, więc jest wnikliwe zapoznanie się z dyskusją i wyjaśnieniami przedstawionymi w rozdziałach 4 i 5.

Fluorki (HF) i chlorki (HCl)

Emisje HF i HCl są zazwyczaj wynikiem uletniania się fluorków i chlorków zawartych w zestawach składników albo w postaci zanieczyszczeń lub dodanych umyślnie, w celu uzyskania pożądanej charakterystyki procesu technologicznego lub produktu szklanego. Główne techniki redukcji tych emisji to modyfikacja zestawów lub oczyszczanie spalin. Jeżeli halogenki są obecne jako zanieczyszczenia surowców, emisje mogą być ograniczone poprzez selekcję surowców, chociaż często stosuje się oczyszczanie spalin, gdy selekcja surowców nie wystarczy lub, gdy oczyszczanie spalin jest stosowane w celu kontroli emisji innych substancji.

Jeżeli halogenki są stosowane w celu uzyskania pożądanej charakterystyki, wykorzystuje się oczyszczanie spalin lub taką modyfikację zestawów, aby osiągnąć tę samą charakterystykę w inny sposób. Tą drugą metodę udało się skutecznie zastosować w produkcji włókna szklanego ciągłego.

Emisje z procesów nie obejmujących wytopu

Emisje z procesów dalszego przetwarzania różnią się dla poszczególnych sektorów i opisane są bardziej szczegółowo w podrozdziale 4.5 dokumentu głównego. Z wyjątkiem sektora wełny mineralnej emisje te są zwykle znacznie niższe niż emisje z procesów obejmujących wytop. Techniki obniżania emisji oparte są najczęściej na konwencjonalnym zatrzymywaniu pyłów i mokrym oczyszczaniu spalin z pewną ilością utleniania termicznego.

W procesach produkcji wełny mineralnej istnieje możliwość wystąpienia znacznych emisji w wyniku procesów aplikacji i utwardzania spoiw na bazie żywic organicznych. Techniki ograniczania tych emisji zostały omówione szczegółowo w podrozdziale 4.5.6 dokumentu głównego.

Emisje do wody

Ogólnie, emisje do środowiska wodnego są stosunkowo niskie i w tym zakresie nie istnieje wiele poważnych kwestii typowych dla przemysłu szklarskiego. Woda używana jest głównie do czyszczenia i chłodzenia, i może być łatwo wykorzystana powtórnie lub uzdatniona przy wykorzystaniu standardowych technik. Kwestia zanieczyszczeń organicznych może pojawić się w przypadku produkcji wełny mineralnej lub włókien szklanych ciągłych. Kwestia zanieczyszczenia metalami ciężkimi (szczególnie ołowiem) może pojawić się w przypadku produkcji szkła specjalnego, fryt lub szkła gospodarczego. Poniższa tabela podaje główne techniki, które można potencjalnie zastosować do ograniczania emisji do wody.

Uzdatnianie

fizyczne/chemiczne

- Ekranowanie
- Zbieranie z powierzchni
- Osiadanie
- Odwirowywanie
- Filtracja
- Neutralizacja
- Napowietrzanie
- Wytrącanie
- Koagulacja i flokulacja

Uzdatnianie biologiczne

- Osad czynny
- Biofiltracja

Lista potencjalnych technik uzdatniania wody w przemyśle szklarskim

Odpady stałe

Cechą charakterystyczną przemysłu szklarskiego jest to, że większość procesów wytwarza stosunkowo niewielkie ilości odpadów stałych. W większości procesów nie ma towarzyszących im znaczących strumieni produktów ubocznych. Główne pozostałości po procesach to niewykorzystane surowce, odpady szklane, które nie zostały przetworzone na produkt końcowy oraz odpady produkcyjne. Inne odpady stałe to odpady materiałów ogniotrwałych i pył zgromadzony w urządzeniach do odpylania lub kanałach spalinowych. Odpady niewłókniste są zwykle bez trudu zwracane do procesu produkcyjnego. Opracowywane są również techniki recyklingu innych odpadów. Zakres stosowania recyklingu odpadów zwiększa się ze względu na korzyści finansowe, a w szczególności ze względu na rosnące koszty związane z usuwaniem

odpadów. Główne pozostałości po procesach produkcyjnych w przemyśle szklarskim oraz techniki ich kontroli omówione są w podrozdziale 4.7 dokumentu głównego.

Energia

Produkcja szkła pochłania wielkie ilości energii i dlatego wybór źródła energii, techniki podgrzewania i sposobu odzysku ciepła są kluczowe dla konstrukcji pieca oraz ekonomicznych wyników procesu. Są to jednocześnie jedne z najważniejszych czynników dotyczących poziomu emisji do środowiska oraz sprawności energetycznej procesu wytopu. Ilość energii potrzebna do wytopu szkła to 75% całkowitych potrzeb energetycznych produkcji szkła. Koszt energii potrzebnej do wytopu jest jednym z największych kosztów operacyjnych instalacji do produkcji szkła, co stanowi najważniejszy argument, by obniżyć zużycie energii.

Główne techniki mające na celu zmniejszenie zużycia energii są podane poniżej oraz omówione szczegółowo w dokumencie głównym:

- Technika topienia i konstrukcja pieca (np. regeneratory, rekuperatory, topienie elektryczne, opalanie tlenowo-paliwowe oraz dogrzew elektryczny)
- Kontrola procesu spalania i wybór paliwa (np. palniki wytwarzające małe ilości NO_x, spalanie stechiometryczne, opalanie olejem/gazem)
- Wykorzystanie stłuczki
- Kotły odzysknicowe
- Wstępne podgrzewanie stłuczki/wsadu

6. Podsumowanie wniosków dotyczących BAT

W rozdziale 5 przedstawione są wnioski dotyczące najlepszych dostępnych technik mających na celu uzyskanie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń w przemyśle szklarskim. Rozdział ten zawiera wstęp, część ogólną oraz wnioski dotyczące poszczególnych sektorów. „Ogólne najlepsze dostępne techniki BAT” wymienione w rozdziale 5 zgodnie z celem niniejszego dokumentu mogą być wykorzystane do oceny obecnych poziomów emisji istniejących instalacji lub oceny proponowanej nowej instalacji i tym samym mogą ułatwić ustalenie odpowiednich warunków dla danej instalacji w oparciu o BAT. Przedstawione cyfry **nie** są granicznymi wielkościami emisji i nie powinny być w ten sposób rozumiane. Odpowiednie graniczne wielkości emisji powinny być określone dla indywidualnego przypadku, po wzięciu pod uwagę celów dyrektywy IPPC oraz uwarunkowań lokalnych.

Rozdział 5 został napisany po wielu dyskusjach i uwzględnia zmiany wprowadzone przez Techniczną Grupę Roboczą. Kontekst i niuanse wniosków są bardzo istotne i trudno jest streścić ten rozdział bez uszczerbku dla tych kwestii oraz wysiłku i dyskusji, które były potrzebne, aby osiągnąć obecne stanowisko. Niniejsze podsumowanie przedstawia główne wnioski rozdziału 5, lecz w celu pełnego zrozumienia zagadnień niezbędne jest zapoznanie się z całym dokumentem, a szczególnie z kompletnym tekstem rozdziału 5.

Niniejsze podsumowanie przedstawia zagadnienia dotyczące całego przemysłu szklarskiego i streszcza główne wnioski ogólne, zwracając uwagę przede wszystkim na istotę dokumentu. Jednym z głównych wniosków wynikających z tej pracy było stwierdzenie, że przemysł szklarski jest tak zróżnicowany, iż często niewłaściwe jest proponowanie konkretnych technik. Ogólne podejście przyjęte w rozdziale 5 ma na celu

ustalenie poziomów emisji odzwierciedlających najlepsze dostępne techniki, uwzględniając jednocześnie fakt, że najlepszy sposób osiągnięcia tych poziomów emisji może być inny dla każdego procesu.

Wnioski ogólne

Ważną cechą wielu instalacji w przemyśle szklarskim jest konieczność przeprowadzania okresowych remontów pieców, chociaż zakres takich remontów może być różny. Mogą istnieć, choć nie zawsze, techniczne i ekonomiczne przesłanki dla skoordynowania momentu remontu z wdrożeniem niektórych technik. Cykl remontowy oznacza również, że wiek pieca jest ważny przy wyborze właściwego postępowania w odniesieniu do BAT.

Warunki przyjęte w rozdziale 5 to:

- Dla gazów spalinowych: suchy, temperatura 0°C (273 K), ciśnienie 101,3 kPa, zawartość objętościowa tlenu w spalinach 8% (piece do wytopu ciągłego) lub 13% tlenu (piece do wytopu okresowego). Dla systemów opalania tlenowo-paliwowego pojęcie emisji skorygowanej o 8% tlenu jest nieprawidłowe, dlatego emisje z tych systemów powinny być omawiane wagowo;
- Dla innych gazów (w tym emisji z pieców wulkanizacyjnych i suszarniczych bez spopielenia gazu resztkowego): temperatura 0°C (273 K), ciśnienie 101,3 kPa, bez poprawki na stężenie tlenu lub pary wodnej.

W dokumencie głównym, poziomy emisji odpowiadające BAT są przedstawione zarówno jako zakresy stężenia emisji (mg/m^3), jak i ilości masowych emisji ($\text{kg}/\text{tonę}$ wytapianego szkła), w celu umożliwienia porównania różnych technik piecowych oraz pokazania względnego wpływu na środowisko. Dla pieców opalanych paliwami kopalnymi związek między masą a stężeniem emisji zależy głównie od specyficznego zużycia energii podczas wytopu, które to zużycie różni się znacznie ze względu na wiele czynników, takich jak technika wytopu, wielkość pieca i rodzaj szkła. W przypadku tak zróżnicowanej gałęzi przemysłu bardzo trudno jest bezpośrednio powiązać dane dotyczące stężenia i masy emisji bez przedstawiania przedziałów tak szerokich, że wnioski liczbowe tracą na wartości. Z tego powodu zaproponowano, aby podać dane dotyczące stężenia emisji jako podstawę BAT oraz by użyć przeliczników opartych na nowoczesnych piecach energooszczędnych w celu ustalenia danych dotyczących masy emisji, które „ogólnie odpowiadają” tym poziomom stężenia.

Dla potrzeb niniejszego streszczenia poziomy emisji odpowiadające BAT podane są tylko jako stężenia. Wyjątek stanowią przypadki, gdy omawiane są techniki, np. opalanie tlenowo-paliwowe, gdzie najodpowiedniejszym sposobem przedstawienia poziomu emisji są ilości masowe emisji. W celu ustalenia emisji w postaci masowej na tonę wytapionego szkła należy odnieść się do omówionych przeliczników w podrozdziale 5.2 i do podrozdziałów rozdziału 5 dotyczących poszczególnych sektorów.

Cząstki stałe/Pył

Wnioski dotyczące emisji pyłów były porównywalne dla wszystkich sektorów i zostały podsumowane w poniższym akapicie. Istnieją jednak dwa niewielkie wyjątki. W przypadku włókien ceramicznych uznano, że poziom emisji związany z BAT wynosił poniżej 10 mg/Nm^3 ze względu na charakterystykę cząstek stałych. W przypadku produkcji fryt, wnioski ogólne były takie, jak podano poniżej, przyjęto jednak, że dla niektórych instalacji niezbędne byłoby dalsze dopracowanie technik, które umożliwiłyby osiągnięcie tych poziomów.

Ogólnie, za najlepsze dostępne techniki kontroli emisji pyłów z pieców w przemyśle szklarskim uważa się stosowanie systemu elektrofiltrów lub filtrów workowych, współpracujących tam, gdzie jest to właściwe z systemem suchego lub półsuchego oczyszczania (odsiarczania) kwaśnych gazów odlotowych. Poziom emisji odpowiadający BAT przy zastosowaniu tych technik wynosi $5\text{-}30 \text{ mg/Nm}^3$, co ogólnie odpowiada mniej niż $0,1 \text{ kg/tonę}$ wytapianego szkła. Dolne wartości zakresu emisji spodziewane są w przypadku zastosowania filtrów workowych. Cyfry te odnoszą się do typowego uśrednionego okresu nie krótszego niż 30 minut i nie dłuższego niż 24 godziny. W niektórych przypadkach zastosowanie technik BAT dla emisji metali może dać w rezultacie niższe poziomy emisji pyłów.

W Technicznej Grupie Roboczej były różne opinie na temat tego, czy korzyści dla środowiska wynikające z wtórnego obniżania poziomu pyłów usprawiedliwiały w każdym przypadku wyższe koszty. Jednakże we wnioskach ogólnych stwierdzono, że w całkowitym rozrachunku wtórne obniżanie poziomu pyłów stanowi BAT dla większości pieców szklarskich chyba, że odpowiadające poziomy emisji mogą być osiągnięte przy wykorzystaniu zagadnień ogólnych w zakresie sterowania procesem. Zalety i wady technik podstawowych i wtórnych są szczegółowo omówione w podrozdziałach 4.4.1.7 i 5.2.2.

Tlenki azotu

Okazało się, że dla tej substancji najtrudniej jest wyciągnąć jednoznaczne wnioski związane z BAT. Trudno jest w szczególności podać ogólne poziomy emisji, które dotyczyłyby więcej niż jednego sektora. Niezbędne jest więc potraktowanie danych podanych w tym podrozdziale tylko jako wskaźnikowe podsumowanie wniosków przedstawionych w rozdziale 5. Rozważanie warunków wydawania pozwolenia zintegrowanego związanego z BAT tylko w oparciu o informacje zawarte w tym podsumowaniu, bez odniesienia do dokumentu głównego, oznaczałoby wyjęcie danych z kontekstu. Mogłoby to spowodować porównywanie z nazbyt surowymi lub łagodnymi wzorcami.

W przypadku tlenków azotu wybór techniki, którą podaje BAT będzie w bardzo dużym stopniu zależał od uwarunkowań danej lokalizacji, w szczególności zastosowanej techniki wytopu i wieku pieca. Niektóre techniki mogą przynieść różne rezultaty w różnych zastosowaniach i mogą pociągnąć za sobą różne koszty, zależnie od uwarunkowań danej lokalizacji.

Uważa się, że w przypadku produkcji opakowań szklanych, szkła płaskiego, szkła specjalnego (w tym szkła wodnego), wełny mineralnej oraz fryt poziom emisji tlenków azotu (wyrażonych jako NO_2) wynikający z zastosowania technik uznanych jako BAT wynosi $500\text{-}700 \text{ mg/Nm}^3$. Mimo, że poziom emisji związany z BAT pozostaje zazwyczaj taki sam, techniki, które można zastosować w celu uzyskania tego poziomu,

związane z nimi koszty oraz względna trudność ich wdrożenia różnią się w zależności od sektora.

Istnieją różne sytuacje, które należy rozważyć głębiej, a powyższe poziomy emisji mogą nie być odpowiednie. Na przykład, jeżeli istnieje potrzeba użycia azotanów, jeżeli wykorzystuje się niektóre surowce odpadowe lub, jeśli kampania pieca dobiega końca. Te uwarunkowania są bardzo istotne i omówione są w podrozdziałach rozdziału 5 dotyczących poszczególnych sektorów.

Niniejszy dokument sporządzany jest w czasie, gdy sektor włókien szklanych ciągłych przechodzi okres przejściowy pod względem kontroli emisji NO_x, co utrudnia sformułowanie wyraźnych wniosków dotyczących BAT. Najbardziej obiecującą techniką wydaje się być opalanie tlenowo-paliwowe, chociaż udało się osiągnąć dobre rezultaty przy wykorzystaniu zagadnień ogólnych w zakresie sterowania procesem i nie istnieją żadne przeszkody techniczne uniemożliwiające zastosowanie procesu selektywnej redukcji niekatalitycznej. W sektorze tym, za najlepszą dostępną techniką BAT kontroli tlenków azotu (wyrażonych jako NO₂) uważa się opalanie tlenowo-paliwowe, a poziom emisji związany z BAT wynosi 0,5-1,5 kg/tonę wytopionego szkła. Stwierdzenie to nie jest ostatecznym wnioskiem, a raczej zrównoważoną oceną opartą na obecnie dostępnych informacjach. Przyjmuje się, że technika ta nadal niesie ze sobą pewne ryzyko finansowe, jednak oczekuje się, iż zostanie ona szeroko akceptowana jako BAT w perspektywie średnioterminowej. Tam, gdzie możliwe są do wykorzystania inne techniki, za porównywalny poziom emisji związany z BAT dla pieców opalanych mieszanką powietrza z paliwem przyjmuje się 500 - 700 mg/Nm³.

Podobnie trudne jest wyciągnięcie wyraźnych wniosków dotyczących poziomów emisji NO_x w sektorze szkła gospodarczego. Istnieją pewne kwestie szczególne dla tego sektora, które mają wpływ na opcje kontroli emisji NO_x. Niektóre z tych kwestii można zilustrować przez porównanie z sektorem opakowań szklanych np. potencjalnie większe ograniczenia dotyczące jakości, niższe wielkości produkcji, mniejsza przeciętna wielkość pieca, ograniczenia dotyczące stłuczki, wyższe temperatury i dłuższe czasy przebywania. Wszystkie te czynniki powodują wyższe właściwe zużycie energii i zwiększony potencjał wytwarzania NO_x. Ogólnie biorąc, tam gdzie topienie elektryczne (w 100% lub w przeważającej części) jest opłacalne, szczególnie w produkcji kryształu ołowiowego, szkła wysokobezbarwnego oraz szkła opalowego, przyjmuje się, że jest to technika BAT. W takim przypadku poziom emisji związany z BAT wynosi 0,2-1,0 kg/tonę wytopionego szkła.

Tam, gdzie topienie elektryczne nie jest opłacalne istnieje możliwość zastosowanie szeregu innych technik. Sektor szkła gospodarczego wykorzystuje szeroki zakres różnych typów pieców i wybór najodpowiedniejszej techniki będzie zależał od rodzaju instalacji. Przewiduje się, że przeznaczając niezbędną ilość czasu na dopracowanie i wdrożenie technik, osiągnie się poziom emisji tlenków azotu (wyrażonych jako NO₂) wynoszący 500 - 700 mg/Nm³ (lub dla systemów opalania tlenowo-paliwowego 0,5 - 1,5 kg/tonę wytopionego szkła). Chodzi tu o zastosowanie ogólnych zagadnień w zakresie sterowania procesem (modyfikacje procesu spalania) lub kombinacji z innymi środkami, takimi jak opalanie tlenowo-paliwowe, procesy selektywnej redukcji niekatalitycznej i selektywnej redukcji katalitycznej lub 3R/proces powtórnego spalania (tylko w piecach regeneracyjnych).

Piece do produkcji wełny kamiennej nie wytwarzają zazwyczaj znaczących emisji NO_x, a nawet istnieje możliwość osiągnięcia bez szczególnych środków kontrolnych poziomu

emisji mniejszej niż 0,5 kg/tonę stopu. W przypadku stosowania pieców wannowych uważa się, że poziom emisji związany z BAT odpowiada poziomowi emisji dla produkcji wełny szklanej. Włókna ceramiczne produkowane są wyłącznie w piecach elektrycznych, w związku z czym emisje NO_x są zwykle znacznie niższe niż 0,5 kg/tonę wytapianego materiału.

Tlenki siarki

Określenie poziomów emisji odpowiadających BAT dla każdego z sektorów jest skomplikowanym zadaniem z wieloma wzajemnie powiązаныmi i czasem sprzecznymi uwarunkowaniami. Kwestie te omówione są szczegółowo w rozdziałach 5 i 4, a informacja tutaj przedstawiona stanowi tylko streszczenie.

Czynnikiem mającym znaczny wpływ jest wybór paliwa i zawartość w nim siarki. Z tego powodu przypadki instalacji opalanych olejem i gazem rozważane są osobno. Ponadto, w przypadku niektórych produktów, szczególnie szkła sodowo-wapniowego, wymagane jest dodanie siarczanów do zestawów, co niewątpliwie będzie powodowało wyższy poziom emisji SO₂.

Przewiduje się, że w większości przypadków techniki BAT dla emisji pyłów będą wykorzystywać systemy redukcji pyłów, które często będą obejmować mokre odpylanie kwaśnych gazów odlotowych. Zostało to wzięte pod uwagę w proponowanych poziomach emisji odpowiadających BAT w rozdziale 5. Wytworzone odpady siarczanowe można będzie ponownie przetworzyć wraz z surowcami w piecu w celu uniknięcia tworzenia strumienia odpadów stałych. Istnieje jednak ograniczenie, co do ilości siarki, która może zostać rozpuszczona w szkłe i układ może szybko osiągnąć stan równowagi, w wyniku której znaczna ilość zawróconej do cyklu siarki jest ponownie emitowana. Z tego powodu przy pełnym recyklingu pyłów efekt odsiarczania w urządzeniu odpylającym może być limitowany zdolnością szkła do pochłaniania siarki.

W celu dalszego obniżenia emisji SO₂ może zająć konieczność rozważenie drogi odprowadzania na zewnątrz lub, jeżeli to możliwe, zredukowania poziomu siarki. Możliwości opłacalnego recyklingu materiału poza instalacją są bardzo ograniczone, a najbardziej prawdopodobnym sposobem odprowadzania jest wysypisko, co oznacza utworzenie strumienia stałych odpadów. Z punktu widzenia zintegrowanej ochrony środowiska istnieje potrzeba rozważenia odpowiednich priorytetów: redukcji emisji SO₂ oraz redukcji powstającego strumienia odpadów stałych. Najbardziej odpowiednie rozwiązania mogą być różne dla różnych procesów i dlatego poziomy emisji są podane zarówno wtedy, gdy priorytetem jest redukcja SO₂ jak i wtedy, gdy priorytetem jest redukcja ilości odpadów. W praktyce istnieje wiele przypadków, gdzie niższy poziom emisji może być osiągnięty przy zastosowaniu pełnego recyklingu pyłów.

Poniższa tabela podsumowuje poziomy emisji odpowiadające BAT dla każdego sektora w różnych sytuacjach. Jest to tylko wskaźnikowe podsumowanie, niezbędne jest więc odniesienie do rozdziału 5 oraz wzięcie pod uwagę złożoności sytuacji.

Sektor	Poziomy emisji odpowiadające BAT (mgSO ₂ /Nm ³)		Uwagi
	opalenie gazem	opalenie olejem	

Szkło opakowaniowe z priorytetem redukcji SO ₂	200 - 500	500 - 1200	
Szkło opakowaniowe z priorytetem minimalizacji odpadów	< 800	< 1500	Jeżeli bilans masy nie pozwala na osiągnięcie powyższych poziomów
Szkło płaskie z priorytetem redukcji SO ₂	200 - 500	500 - 1200	
Szkło płaskie z priorytetem minimalizacji odpadów	< 800	< 1500	Jeżeli bilans masy nie pozwala na osiągnięcie powyższych poziomów
Włókno szklane ciągle	< 200	500 - 1000	Jeżeli w zestawie składników są siarczany, w przypadku opalania gazem poziom emisji może wynieść 800. W przypadku opalania olejem, wartości górnej granicy przedziału dotyczą recyklingu pyłów.
Szkło gospodarcze	200 - 500	500 - 1300	Jeżeli w zestawie składników jest mało siarczanów, w przypadku opalania gazem poziom emisji wynosi <200. Wartości górnej granicy przedziału dotyczą recyklingu pyłów
Szkło specjalne, w tym szkło wodne	200 - 500	500 - 1200	Wartości górnej granicy przedziału dotyczą recyklingu pyłów.
Wełna szklana	zwykle <50	300 - 1000	Ogólnie szkło o niskiej zawartości siarczanów.
Wełna kamienna (opalenie koksem) z priorytetem recyklingu i minimalizacji odpadów	(a) < 600 (b) < 1100 (c) < 1400		(a) Wsad kamienny (b) 45 % brykiety cementowane (c) Brykiety cementowe łącznie z pyłem z filtrów
Wełna kamienna (opalenie koksem) z priorytetem redukcji SO ₂	1. < 200 2. < 350 3. < 420		(d) Wsad kamienny (e) 45 % brykiety cementowane (a) Brykiety cementowe łącznie z pyłem z filtrów
Włókna ceramiczne (topienie elektryczne)	< 0,5 kg/tonę stopu		Tylko piece elektryczne, stężenie zależy od indywidualnego przypadku.
Fryty	< 200	500 - 1000	Opalanie olejem jest rzadkie.

Wskaźnikowe podsumowanie poziomów emisji tlenków siarki (wyrażonych jako SO₂) odpowiadających BAT

Inne emisje podczas procesu wytopu

Każdy podrozdział rozdziału 5 dotyczący danego sektora zawiera informacje na temat emisji z wytopu innych niż pyły, NO_x i SO_x. Najważniejsze z tych „innych emisji” to chlorki (wyrażone jako HCl), fluorki (wyrażone jako HF) oraz metale i ich związki. Niektóre metale zebrane są razem i określone jako Grupa 1 lub Grupa 2. Metale, które nie znajdują się w żadnej z tych grup są podane indywidualnie, np. ze względu na ich wyższą toksyczność lub, gdy ich niska toksyczność nie wymaga specjalnego potraktowania i wtedy są one zaliczone do kategorii pyłów. Ww. grupy podane są w poniższej tabeli.

Grupa 1 metale i ich związki	Grupa 2 metale i ich związki
Arsen	Antymon
Kobalt	Ołów
Nikiel	Chrom III
Selen	Miedź
Chrom VI	Mangan
	Wanad
	Cyna

Klasyfikacja metali i ich związków

Wnioski dotyczące BAT dla większości sektorów w odniesieniu do tych substancji były zasadniczo podobne. Za najlepszą dostępną technikę BAT kontroli tych emisji uznana jest selekcja surowców w celu minimalizacji emisji w połączeniu z oczyszczaniem kwaśnego gazu (w uzasadnionych przypadkach). Nie zawsze istnieje konieczność zastosowania odsiarczania w celu ochrony urządzeń redukujących zanieczyszczenia lub dla uzyskania podanego poziomu SO_x. Natomiast, jeśli podane niżej poziomy nie mogą być uzyskane przy wykorzystaniu zagadnień ogólnych w zakresie sterowania procesem, konieczne jest oczyszczanie (odsiarczanie) kwaśnego gazu, co stanowi najlepszą dostępną technikę BAT. Przyjmuje się, że poziomy emisji odpowiadające BAT dla poniższych polutantów wynoszą:

- Chlorki (wyrażone jako HCl) <30 mg/Nm³
- Fluorki (wyrażone jako HF) <5 mg/Nm³
- Metale (gaz + faza stała) (Grupa 1 + Grupa 2) <5 mg/Nm³
- Metale (gaz + faza stała) (Grupa 1) <1 mg/Nm³

W sektorach fryt i szkła specjalnego istnieją przypadki potencjalnych emisji kadmu i talu. Poziomy emisji związany z BAT dla tych metali i ich związków wynosi <0,2 mg/Nm³. Dla produkcji włókien szklanych ciągłych poziomy emisji fluorków związany z BAT wynosi 5 - 15 mg/Nm³. Dolna granica tego przedziału dotyczy składów bez dodatku fluorków, a górna dotyczy tych z dodatkiem fluorków.

W sektorze wełny kamiennej poziomy emisji odpowiadające BAT podane są również dla dwutlenku węgla i siarkowodoru. Poziomy te wynoszą odpowiednio <200 mg/Nm³ i < 5 mg/Nm³.

Dalsze przetwarzanie

Procesy dalszego przetwarzania znacznie się różnią w zależności od sektora oraz instalacji i wymagają odniesienia do podrozdziałów rozdziału 5 dotyczących poszczególnych sektorów. Jednakże, z wyjątkiem wełny mineralnej, niektóre

wskaźnikowe poziomy emisji odpowiadające BAT podane są poniżej. Nie wszystkie substancje będą znajdować się we wszystkich instalacjach lub sektorach, zaś niektóre substancje występujące tylko w jednym sektorze nie są omówione tutaj, a jedynie w podrozdziałach dotyczących danych sektorów. Istnieją jednak podobieństwa dotyczące technik, które mogą być wykorzystane, jeżeli wtórne obniżanie emisji jest właściwe.

- Chlorki (wyrażone jako HCl) <math><30 \text{ mg/Nm}^3</math>
- Fluorki (wyrażone jako HF) <math><5 \text{ mg/Nm}^3</math>
- Cząstki stałe <math><20 \text{ mg/Nm}^3</math>
- Metale (gaz + faza stała) (Grupa 1 + Grupa 2) <math><5 \text{ mg/Nm}^3</math>
- Metale (gaz + faza stała) (Grupa 1) <math><1 \text{ mg/Nm}^3</math>

Emisje do wody

Wodne emisje w wyniku procesów w przemyśle szklarskim są zazwyczaj niskie i nie są typowe dla tej gałęzi przemysłu. Istnieje jednak kilka procesów, które mogą znacząco podwyższyć emisje do wody. Podane poniżej poziomy emisji są ogólnie uznane jako odpowiednie dla celów ochrony środowiska wodnego i wskazują poziomy emisji, które można osiągnąć przy pomocy technik uznawanych jako BAT. Poniższe dane nie muszą odzwierciedlać obecnie osiągniętych poziomów w przemyśle szklarskim, ale oparte są na ekspertyzie Technicznej Grupy Roboczej.

- Zawiesiny <math><30 \text{ mg/l}</math>
- Chemiczne zapotrzebowanie na tlen (uwaga 1) 100 - 130 mg/l
- Amoniak (Kjeldahl) <math><10 \text{ mg/l}</math>
- Siarczany <math><1000 \text{ mg/l}</math>
- Fluorki 15 - 25 mg/l
- Arsen <math><0,3 \text{ mg/l}</math>
- Antymon <math><0,3 \text{ mg/l}</math>
- Bar <math><3,0 \text{ mg/l}</math>
- Kadm <math><0,05 \text{ mg/l}</math>
- Chrom (łącznie) <math><0,5 \text{ mg/l}</math>
- Miedź <math><0,5 \text{ mg/l}</math>
- Ołów (uwaga 2) <math><0,5 \text{ mg/l}</math>
- Nikiel <math><0,5 \text{ mg/l}</math>
- Cyna (uwaga 3) <math><0,5 \text{ mg/l}</math>
- Cynk <math><0,5 \text{ mg/l}</math>
- Fenol <math><1,0 \text{ mg/l}</math>
- Kwas borowy 2 - 4 mg/l
- pH 6,5 - 9
- Olej mineralny <math><20 \text{ mg/l}</math>

(Uwaga 1) W sektorze włókien szklanych ciągłych przyjmuje się, że poziom wynosi 200 mg/l. Chemiczne zapotrzebowanie na tlen jest zazwyczaj dość niskie, a poziom rzeczywisty odpowiadający BAT może zależeć od odbiorczego zbiornika wodnego. Jeżeli zbiornik ten jest szczególnie wrażliwy, mogą być wymagane niższe poziomy.

(Uwaga 2) W procesach produkcji szkła gospodarczego wykorzystujących znaczące ilości związków ołowiu poziom 1,0 mg/l jest obecnie uważany za właściwy. Nie ma

technicznych ograniczeń uniemożliwiających osiągnięcie poziomu 0,5 mg/l, tak więc po odpowiednim okresie czasu przeznaczonym na dopracowanie i wdrożenie odpowiednich technik, poziom ten będzie osiągalny.

(Uwaga 3) W procesach produkcji opakowań szklanych wykorzystujących mokre oczyszczanie spalin pochodzących z procesów dalszego przetwarzania, najbardziej właściwy jest poziom emisji <3 mg/l.

W pewnych warunkach emisja do oczyszczalni ścieków lub inny sposób uzdatniania poza instalacją może stanowić technikę BAT. Gdy rozważane jest takie rozwiązanie, należy wziąć pod uwagę czy instalacja odbiorcza jest do tego celu odpowiednia.

7) Wnioski i zalecenia projektu

Niniejszy rozdział podzielony jest na trzy podrozdziały: wymiana informacji, wnioski ogólne i zalecenia dotyczące dalszych prac. Pierwszy podrozdział przedstawia skalę czasową oraz mechanizmy wymiany informacji. Duża ilość informacji wysokiej jakości została udostępniona przez przedstawicieli przemysłu oraz Państwa Członkowskie. Dostępne informacje zostały opracowane i poddane walidacji podczas procesów konsultacyjnych. Zaleca się dokonanie aktualizacji niniejszego dokumentu po upływie najbliższych 4-5 lat.

Wnioski ogólne:

- Wymiana informacji była zadowalająca i po drugim spotkaniu technicznej grupy roboczej osiągnięto wysoki poziom porozumienia;
- Przemysł szklarski jest niezwykle zróżnicowany i nie jest właściwe podawanie pojedynczej techniki jako BAT dla większości przypadków;
- W ostatnich latach udało się wiele osiągnąć w kierunku poprawienia poziomów emisji do środowiska w zakresie przemysłu szklarskiego. Spodziewane są jednak dalsze ulepszenia, szczególnie w zakresie technik podstawowych, ale również w zakresie technik wtórnych wykorzystywanych w innych gałęziach przemysłu.

Główne zalecenia dotyczące przyszłych prac:

- Przydatna byłaby bardziej dokładna (najlepiej ilościowa) ocena kwestii dotyczących wielu mediów.
- Podczas ustalania technik BAT przydatna byłaby bardziej szczegółowa analiza kosztów technik.
- Podczas dokonywania przeglądu wykonanych prac przydatna byłaby bardziej dokładna ocena technik służących zwiększeniu energooszczędności, biorąc pod uwagę najnowsze dostępne informacje.
- Podczas dokonywania przeglądu wykonanych prac ponownie powinien zostać oceniony postęp w metodach kontroli emisji.
- Podczas dokonywania przeglądu wykonanych prac ponownie powinny zostać ocenione techniki, w przypadku których niektóre aspekty pozostają niesprawdzone lub dyskusyjne dla całego przemysłu szklarskiego lub niektórych jego zastosowań. Dotyczy to w szczególności usuwania dwutlenku siarki, spalania w tlenie i procesu selektywnej redukcji katalitycznej.

Weryfikacji dokonała:

Aneta Hedesz

Krośnieńskie Huty Szkła Krosno S.A.

WSTĘP

1. Status niniejszego dokumentu

O ile nie zaznaczono inaczej, termin „dyrektywa” oznacza w niniejszym dokumencie dyrektywę Rady 96/61/WE w sprawie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń (IPPC). Niniejszy dokument stanowi część z serii prezentującej wyniki wymiany informacji pomiędzy Państwami Członkowskimi UE i poszczególnymi gałęziami przemysłu na temat najlepszych dostępnych technik (BAT - ang. *Best Available Techniques*), wspólnego monitoringu i ich rozwoju. Został on opublikowany przez Komisję Europejską zgodnie z postanowieniami art. 16 ust. 2 dyrektywy i dlatego, zgodnie z załącznikiem IV do dyrektywy, musi być brany pod uwagę przy określaniu „najlepszych dostępnych technik”.

2. Istotne zobowiązania prawne wynikające z dyrektywy IPPC oraz definicja najlepszych dostępnych technik BAT

Aby ułatwić czytelnikowi zrozumienie kontekstu prawnego, w jakim usytuowany jest niniejszy dokument, we wstępie tym przedstawiono niektóre najważniejsze postanowienia dyrektywy IPPC, w tym definicję terminu „najlepsze dostępne techniki”. Prezentacja ta jest z konieczności niepełna i ma wyłącznie charakter informacyjny. Nie posiada ona mocy prawnej i w żaden sposób nie zmienia oryginalnych postanowień dyrektywy ani na nie wpływa.

Celem niniejszej dyrektywy jest osiągnięcie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń powstających w wyniku działań wymienionych w załączniku I, prowadzącego do wysokiego poziomu ochrony środowiska jako całości. Podstawa prawna dyrektywy związana jest z ochroną środowiska naturalnego. Jej realizacja powinna przebiegać również w oparciu o inne cele Wspólnoty takie, jak na przykład konkurencyjność przemysłu wspólnotowego, przyczyniając się przez to do zrównoważonego rozwoju.

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

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

środowisko jako całość”. W art. 2 ust. 11 definicja ta zostaje dodatkowo wyjaśniona w następujący sposób:

„techniki” obejmują zarówno stosowaną technologię, jak i sposób zaprojektowania, budowy, utrzymania, eksploatacji i wycofania z użycia danej instalacji;

„dostępne” techniki są to te techniki, które zostały rozwinięte w skali umożliwiającej ich wdrożenie w danych sektorach przemysłowych na warunkach opłacalnych z ekonomicznego i technicznego punktu widzenia, przy uwzględnieniu kosztów i korzyści, niezależnie od tego, czy techniki te są stosowane lub produkowane w danym Państwie Członkowskim, o ile są one w rozsądnym zakresie dostępne dla użytkownika;

„najlepsze” oznacza najskuteczniejsze w osiąganiu ogólnie wysokiego poziomu ochrony środowiska jako całości.

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

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

Zgodnie z art. 11 dyrektywy, Państwa Członkowskie mają obowiązek zapewnić, by właściwe organy zapoznawały się z rozwojem najlepszych dostępnych technik lub były o nim informowane.

3. Cele niniejszego dokumentu

Art. 16 ust. 2 dyrektywy zobowiązuje Komisję do organizowania „wymiany informacji pomiędzy Państwami Członkowskimi oraz zainteresowanymi gałęziami przemysłu na temat najlepszych dostępnych technik, związanego z nimi monitorowania oraz ich rozwoju” oraz do publikowania wyników takiej wymiany informacji.

Cele tej wymiany informacji przedstawiono w wyszczególnieniu nr 25 do dyrektywy, w którym stwierdzono, że „opracowanie i wymiana informacji na temat najlepszych dostępnych technik na szczeblu wspólnotowym pomoże w niwelowaniu nierównowagi technologicznej w obrębie Wspólnoty, przyczyni się do upowszechniania na całym świecie granicznych wielkości emisyjnych i technik stosowanych we Wspólnocie oraz pomoże Państwom Członkowskim w skutecznej realizacji niniejszej dyrektywy.”

Aby pomóc w wykonywaniu zadań przewidzianych w art. 16 ust. 2 Komisja (Dyrekcja generalna ds. środowiska) utworzyła forum wymiany informacji (IEF), w obrębie którego utworzono szereg Technicznych Grup Roboczych. Zarówno w IEF, jak i w Technicznych Grupach Roboczych uczestniczą przedstawiciele Państw Członkowskich i przedstawiciele przemysłu, zgodnie z wymaganiami art. 16 ust. 2.

Celem tej serii dokumentów jest wierne przedstawienie wymiany informacji, która odbyła się zgodnie z wymogami art. 16 ust. 2 oraz dostarczenie organom udzielającym pozwoleń informacji, które zostaną uwzględnione przy określaniu warunków pozwoleń. Dostarczając odpowiednich informacji na temat najlepszych dostępnych technik, dokumenty te powinny spełniać rolę wartościowych narzędzi wpływających na wyniki w zakresie ochrony środowiska.

4. Źródła informacji

Niniejszy dokument stanowi zestawienie informacji zaczerpniętych z wielu źródeł, w tym w szczególności wiadomości opracowanych przez grupy utworzone w celu wspierania Komisji w jej pracach, poddane weryfikacji przez służby Komisji. Wyrażamy wdzięczność za wkład wniesiony przez wszystkie strony.

5. Jak rozumieć i stosować niniejszy dokument?

Informacje zawarte w niniejszym dokumencie mają być wykorzystywane jako materiał źródłowy przy określaniu najlepszych dostępnych technik BAT w poszczególnych przypadkach. Podczas określania BAT i ustalania warunków pozwolenia opartych na BAT należy zawsze brać pod uwagę ogólny cel, jakim jest osiągnięcie wysokiego poziomu ochrony środowiska jako całości.

W dalszej części wstępu opisano różne rodzaje informacji przedstawione w kolejnych rozdziałach niniejszego dokumentu.

W rozdziale 1 i 2 przedstawiono ogólne informacje na temat danej gałęzi przemysłu oraz na temat stosowanych w niej procesów przemysłowych. Rozdział 3 przedstawia dane i informacje dotyczące obecnych poziomów emisji i zużycia odzwierciedlające sytuację w istniejących instalacjach w momencie pisania tego materiału.

W rozdziale 4 opisano bardziej szczegółowo redukcję emisji i inne techniki uważane za najistotniejsze przy określaniu BAT oraz opartych na BAT warunków pozwoleń. Informacje te obejmują poziomy zużycia i emisji uważane za osiągalne przy zastosowaniu danej techniki, szacunkowe koszty i kwestie oddziaływania na środowisko związane z daną techniką oraz zakres, w jakim możliwe jest zastosowanie tej techniki w różnych instalacjach wymagających pozwoleń IPPC, na przykład w instalacjach nowych, dotychczasowych, dużych lub małych. Techniki, które powszechnie uważane są za przestarzałe, nie zostały uwzględnione.

W rozdziale 5 przedstawiono techniki oraz poziomy emisji i zużycia, które generalnie uważa się za zgodne z BAT. Celem tego rozdziału jest podanie ogólnych wskazówek dotyczących poziomów zużycia i emisji, które można traktować jako punkt odniesienia przy określaniu warunków pozwoleń opartych na BAT lub przy ustalaniu ogólnych zasad wiążących na mocy art. 9 ust. 8. Należy jednak podkreślić, że w niniejszym dokumencie nie proponuje się granicznych wielkości emisyjnych. Przy określaniu odpowiednich warunków pozwoleń trzeba będzie wziąć pod uwagę czynniki lokalne, specyficzne dla danego miejsca takie, jak charakterystyka techniczna danej instalacji, jej

lokalizacja geograficzna oraz lokalne warunki środowiska. W przypadku instalacji istniejących należy również rozważyć sensowność ich ulepszenia z ekonomicznego i technicznego punktu widzenia. Nawet tak oczywisty cel, jakim jest zapewnienie wysokiego poziomu ochrony środowiska jako całości, będzie często wymagał wyważenia ocen różnych oddziaływań na środowisko, zaś na ostateczną ocenę często będzie miała wpływ sytuacja lokalna.

Chociaż podjęto próbę omówienia niektórych z tych kwestii, ich pełne rozważenie nie jest możliwe w niniejszym dokumencie. Z tego względu techniki i poziomy przedstawiane w rozdziale 5 nie muszą być odpowiednie dla wszystkich instalacji. Z kolei obowiązek zagwarantowania wysokiego poziomu ochrony środowiska, w tym minimalizacji emisji zanieczyszczeń na dużą odległość i zanieczyszczeń transgranicznych, powoduje, że warunki pozwoleń nie mogą być ustalane wyłącznie na podstawie okoliczności lokalnych. Tak więc kwestią najwyższej wagi jest to, aby organy wydające pozwolenia w pełni uwzględniły informacje zawarte w niniejszym dokumencie.

Ponieważ najlepsze dostępne techniki BAT zmieniają się z biegiem czasu, niniejszy dokument w razie potrzeby podlegać będzie rewizji i aktualizacji. Wszystkie uwagi i sugestie należy kierować do Europejskiego Biura IPPC w Instytucie Przyszłościowych Badań Technologicznych (Institute for Prospective Technological Studies) pod następujący adres:

Edificio Expo-WTC, Inca Garcilaso, s/n, E-41092 Seville - Spain

Telefon: +34 95 4488 284

Faks: +34 95 4488 426

e-mail: eippcb@jrc.es

Internet: <http://eippcb.jrc.es>

STRESZCZENIE	I
WSTĘP	XXV
1 INFORMACJE OGÓLNE	BŁĄD! NIE ZDEFINIOWANO ZAKŁADKI.
1.1 Zakres dokumentu	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.2 Wprowadzenie	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.2.1 Charakterystyka szkła	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.2.2 Ogólna klasyfikacja typów szkła	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.2.3 Źródła historyczne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.3 Szkło opakowaniowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.3.1 Przegląd sektora	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.3.2 Asortyment i rynki zbytu	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.3.3 Uwarunkowania handlowe i finansowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.3.4 Główne aspekty środowiskowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.4 Szkło płaskie	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.4.1 Przegląd sektora	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.4.2 Produkty i rynki	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.4.3 Względy handlowe i finansowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.4.4 Główne kwestie dotyczące ochrony środowiska	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.5 Włókna szklane ciągłe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.5.1 Przegląd sektora	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.5.2 Asortyment i rynki zbytu	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.5.3 Uwarunkowania handlowe i finansowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.5.4 Główne aspekty środowiskowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.6 Szkło gospodarcze	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.6.1 Przegląd sektora	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.6.2 Asortyment i rynki zbytu	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.6.3 Uwarunkowania handlowe i finansowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.6.4 Główne aspekty środowiskowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.7 Szkło specjalne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.7.1 Przegląd sektora	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.7.2 Asortyment i rynki zbytu	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.7.3 Uwarunkowania handlowe i finansowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.7.4 Główne aspekty środowiskowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.8 Węlna mineralna	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.8.1 Opis branży	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.8.2 Asortyment i rynki zbytu	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.8.3 Uwarunkowania finansowe i handlowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.8.4 Główne aspekty środowiskowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.

1.9	Włókna ceramiczne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.9.1	Opis branży	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.9.2	Asortyment i rynek zbytu	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.9.3	Uwarunkowania handlowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.9.4	Główne aspekty środowiskowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.10	Fryty	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.10.1	Opis branży	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.10.2	Asortyment i rynek zbytu	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.10.3	Uwarunkowania handlowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
1.10.4	Główne aspekty środowiskowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2	PROCESY I TECHNIKI	BŁĄD! NIE ZDEFINIOWANO ZAKŁADKI.
2.1	Transport materiałów	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.2	Topienie szkła	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.2.1	Surowce szklotwórcze	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.2.2	Proces topienia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.3	Techniki topienia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.3.1	Piece regeneracyjne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.3.2	Piece rekuperacyjne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.3.3	Topienie tlenowo-paliwowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.3.4	Topienie elektryczne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.3.5	Topienie z wykorzystaniem paliw kopalnych w połączeniu z energią elektryczną	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.3.6	Okresowe topienie zestawu	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.3.7	Specjalne konstrukcje pieców wytopowych	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.4	Szkło opakowaniowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.5	Szkło płaskie	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.5.1	Proces produkcji szkła float	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.5.2	Proces produkcji szkła walcowanego (szkło wzorzyste i zbrojone)	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.6	Włókno szklane ciągłe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.7	Szkło gospodarcze	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.8	Szkło specjalne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.9	Wetna mineralna	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.9.1	Wetna szklana	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.9.2	Wetna kamienna	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.10	Włókno ceramiczne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.11	Fryty	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.

3 AKTUALNE POZIOMY KONSUMPCJI I EMISJI ZDEFINIOWANO ZAKŁADKI.

BŁĄD! NIE

- 3.1 Wprowadzenie** Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2 Ogólna charakterystyka przemysłu szklarskiego** Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2.1 Nakłady produkcyjne Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2.2 Efekty końcowe procesu produkcyjnego Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2.2.1 Emisja zanieczyszczeń do powietrza Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2.2.2 Emisje zanieczyszczeń do środowiska wodnego Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2.2.3 Emisje innych odpadów Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2.3 Energia Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2.4 Szkło opakowaniowe** Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2.5 Nakłady produkcyjne Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2.6 Emisje zanieczyszczeń do powietrza Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2.6.1 Surowce Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2.6.2 Topienie Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2.6.3 Operacje technologiczne następujące po procesie topienia Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2.7 Emisje zanieczyszczeń do środowiska wodnego Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2.8 Inne odpady Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.2.9 Energia Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.3 Szkło płaskie** Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.3.1 Nakłady produkcyjne Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.3.2 Emisje zanieczyszczeń do powietrza Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.3.2.1 Surowce Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.3.2.2 Topienie Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.3.2.3 Operacje technologiczne następujące po procesie topienia Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.3.3 Emisje zanieczyszczeń do środowiska wodnego Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.3.4 Inne odpady Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.3.5 Energia Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.4 Ciągłe włókna szklane** Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.4.1 Nakłady produkcyjne Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.4.2 Emisje zanieczyszczeń do powietrza Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.4.2.1 Surowce Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.4.2.2 Topienie Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.4.2.3 Operacje technologiczne następujące po procesie topienia Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.4.3 Emisje zanieczyszczeń do środowiska wodnego Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.4.4 Inne odpady Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.4.5 Energia Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.5 Szkło gospodarcze** Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
- 3.5.1 Nakłady produkcyjne Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.

3.5.2	Emisje zanieczyszczeń do powietrza	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.5.2.1	Surowce	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.5.2.2	Topienie	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.5.2.3	Operacje technologiczne następujące po procesie topienia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.5.3	Emisje zanieczyszczeń do środowiska wodnego	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.5.4	Inne odpady	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.5.5	Energia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.6	Szkło specjalne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.6.1	Nakłady produkcyjne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.6.2	Emisje zanieczyszczeń do powietrza	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.6.2.1	Surowce	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.6.2.2	Topienie	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.6.2.3	Operacje technologiczne następujące po procesie topienia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.6.3	Emisje zanieczyszczeń do środowiska wodnego	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.6.4	Inne odpady	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.6.5	Energia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.7	Wetna mineralna	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.7.1	Nakłady produkcyjne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.7.2	Emisje zanieczyszczeń do powietrza	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.7.2.1	Surowce	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.7.2.2	Topienie	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.7.2.3	Emisje z operacji technologicznych następujących po procesie topienia.	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.7.3	Emisje zanieczyszczeń do środowiska wodnego	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.7.4	Inne odpady	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.7.5	Energia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.8	Włókna ceramiczne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.8.1	Nakłady produkcyjne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.8.2	Emisje zanieczyszczeń do powietrza	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.8.2.1	Surowce	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.8.2.2	Topienie	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.8.2.3	Operacje technologiczne następujące po procesie topienia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.8.3	Emisje zanieczyszczeń do środowiska wodnego	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.8.4	Inne odpady	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.8.5	Energia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.9	Fryty	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.9.1	Nakłady produkcyjne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.9.2	Emisje zanieczyszczeń do powietrza	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.9.2.1	Surowce	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.9.2.2	Topienie	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.9.2.3	Operacje technologiczne następujące po procesie topienia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.

- 3.9.3 Emisje zanieczyszczeń do środowiska wodnego **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 3.9.4 Inne odpady **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 3.9.5 Energia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

4 TECHNIKI ROZWAŻANE PRZY WYZNACZANIU NAJLEPSZYCH DOSTĘPNYCH TECHNIK BAT **BŁĄD! NIE ZDEFINIOWANO ZAKŁADKI.**

- 4.1 Wprowadzenie** **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.2 Dobór techniki topienia** **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.2.1 Topienie elektryczne **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.3 Techniki transportu materiałów** **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4 Techniki kontroli emisji do powietrza z procesu topienia** **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.1 Cząstki stałe **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.1.1 Techniki podstawowe **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.1.2 Filtry elektrostatyczne **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.1.3 Filtry workowe **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.1.4 Kolektory mechaniczne **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.1.5 Wysokotemperaturowe media filtrujące **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.1.6 Płuczki **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.1.7 Podsumowanie technik rozpatrywanych w punkcie 4.4.1 **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.2 Tlenki azotu (NO_x) **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.2.1 Modyfikacje spalania **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.2.2 Skład zestawu **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.2.3 Specjalne konstrukcje pieców **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.2.4 Proces typu FENIX. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.2.5 Topienie z zastosowaniem mieszanki tlenowo-paliwowej **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.2.6 Chemiczna redukcja paliwowa (*Chemical Reduction by Fuel* CRF) **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.2.7 Selektywna redukcja katalityczna (SCR) **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.2.8 Selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR) **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.2.9 Porównanie kosztów technik redukcji NO_x **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.3 Tlenki siarki (SO_x) **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.3.1 Dobór paliwa **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.3.2 Skład zestawu **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.3.3 Sucha lub półsucha absorpcja **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.4 Fluorki (HF) i chlorki (HCl) **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.4.1 Redukcja u źródła **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.4.2 Techniki absorpcji **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.5 Tlenki węgla **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

4.5	Techniki kontroli emisji do powietrza z czynności następujących po zakończeniu topienia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.5.1	Szkło opakowaniowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.5.2	Szkło płaskie	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.5.3	Włókna szklane ciągłe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.5.4	Szkło gospodarcze	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.5.5	Szkło specjalne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.5.6	Wetna mineralna	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.5.6.1	Obszar formowania	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.5.6.2	Komora polimeryzacyjna	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.5.6.3	Schładzanie produktu	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.5.6.4	Obróbka i pakowanie produktu	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.5.6.5	Wyziewy powstające przy produkcji wetny mineralnej	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
	zdefiniowano zakładowi.	
4.5.7	Włókna ceramiczne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.5.8	Fryty	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.6	Techniki kontroli emisji do wody	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.7	Techniki minimalizacji pozostałych/innych odpadów	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.8	Energia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.8.1	Techniki topienia a konstrukcja pieca	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.8.2	Kontrola spalania oraz dobór paliwa	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.8.3	Zastosowanie stłuczki	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.8.4	Kotły odzysknicowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
4.8.5	Wstępne podgrzewanie zestawu i stłuczki	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
	zakładowi.	
5	WNIOSKI Z ANALIZY NAJLEPSZYCH DOSTĘPNYCH TECHNIK BAT	
	BŁĄD! NIE ZDEFINIOWANO ZAKŁADKI.	
5.1	Wstęp	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
5.2	Informacje ogólne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
5.2.1	Przechowywanie i transport materiałów	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
5.2.2	Cząstki stałe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
5.2.3	Tlenki siarki	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
5.2.4	Inne substancje	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
5.3	Szkło opakowaniowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
5.3.1	Pyły	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
5.3.2	Tlenki azotu	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
5.3.3	Tlenki siarki	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
5.3.4	Pozostałe emisje z procesów topienia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
5.3.5	Kolejne operacje następujące po procesie topienia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
	zakładowi.	
5.4	Szkło płaskie	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
5.4.1	Pyły	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
5.4.2	Tlenki azotu	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.
5.4.3	Tlenki siarki	Błąd! Nie zdefiniowano zakładowi.

- 5.4.4 Pozostałe emisje z procesów topienia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.4.5 Kolejne operacje następujące po procesie topienia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.5 Włókna szklane ciągle** **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.5.1 Pyły **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.5.2 Tlenki azotu **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.5.3 Tlenki siarki **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.5.4 Pozostałe emisje z procesów topienia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.5.5 Kolejne operacje następujące po procesie topienia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.6 Szkło gospodarcze** **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.6.1 Pyły **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.6.2 Tlenki azotu **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.6.3 Tlenki siarki **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.6.4 Pozostałe emisje z procesów topienia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.6.5 Kolejne operacje następujące po procesie topienia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.7 Szkło specjalne** **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.7.1 Pyły **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.7.2 Tlenki azotu **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.7.3 Tlenki siarki **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.7.4 Pozostałe emisje z procesów topienia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.7.5 Kolejne operacje następujące po procesie topienia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.8 Wełna mineralna** **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.8.1 Pyły **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.8.2 Tlenki azotu **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.8.3 Tlenki siarki **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.8.4 Pozostałe emisje z procesów topienia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.8.5 Kolejne operacje następujące po procesie topienia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.9 Włókna ceramiczne** **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.9.1 Procesy topienia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.9.2 Kolejne operacje następujące po procesie topienia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.10 Fryty** **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.10.1 Pyły **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.10.2 Tlenki azotu **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.10.3 Tlenki siarki **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.10.4 Pozostałe emisje z procesów topienia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.10.5 Kolejne operacje następujące po procesie topienia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.11 Emisje do wody** **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.12 Pozostałe odpady** **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

6	NOWO POWSTAJĄCE TECHNIKI ZAKŁADKI.	BŁĄD! NIE ZDEFINIOWANO
6.1	Systemy palników o niskiej emisji NO _x	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
6.2	Topienie z wykorzystaniem zwiększonej zawartości tlenu w mieszance paliwowej (<i>oxy – fuel melting</i>)	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
6.3	Wstępna obróbka cieplna stłuczki szklanej i wsadu	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
6.4	Nowe formuły szkieł	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
6.5	Zintegrowanie procesu frytowania	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
6.6	Recyrkulacja gazów wylotowych	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
6.7	Projekt badawczy „Glasulin”	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
6.8	Nowe konstrukcje do topienia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
6.8.1	Segmentowe instalacje do topienia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
6.8.2	Zaawansowane topienie szkła	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
6.8.3	Topienie plazmowe	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
7	PODSUMOWANIE I WNIOSKI	BŁĄD! NIE ZDEFINIOWANO ZAKŁADKI.
7.1	Wymiana i pozyskiwanie informacji	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
7.2	Generalne wnioski	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
7.3	Rekomendacje w zakresie przyszłych prac	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
8	ZAŁĄCZNIK I: DANE NA TEMAT EMISJI Z PRZYKŁADOWYCH INSTALACJI	BŁĄD! NIE ZDEFINIOWANO ZAKŁADKI.
8.1	Sektor szkła przeznaczonego na opakowania	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
8.2	Sektor produkujący tafle szklane	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
8.3	Sektor produkcji ciągłych włókien szklanych	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
8.4	Sektor produkujący szkło gospodarcze	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
8.5	Sektor produkujący szkła specjalne	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
8.6	Sektor produkcji wełny mineralnej	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
9	ZAŁĄCZNIK II: PRZYKŁADOWE BILANSE SIARKI DLA PRZEMYSŁOWYCH PIECÓW SZKLARSKICH	BŁĄD! NIE ZDEFINIOWANO ZAKŁADKI.

10	ZAŁĄCZNIK III: MONITORING EMISJI ZAKŁADKI.	BŁĄD! NIE ZDEFINIOWANO
10.1	Główne zanieczyszczenia	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
10.2	Monitoring emisji	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
11	ZAŁĄCZNIK IV. USTAWODAWSTWO KRAJOWE ZDEFINIOWANO ZAKŁADKI.	BŁĄD! NIE
11.1	Ustawodawstwo obowiązujące w Luksemburgu	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
11.2	Ustawodawstwo i przepisy obowiązujące w Holandii	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
11.3	Bieżące ustawodawstwo – Austria	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
11.4	Ustawodawstwo i przepisy w Finlandii	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
11.5	Ustawodawstwo i ramowe przepisy we Francji	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
11.6	Ustawodawstwo włoskie	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
SŁOWNIK		BŁĄD! NIE ZDEFINIOWANO ZAKŁADKI.

- Tabela 1.1: Przybliżony rozkład produkcji przemysłu szklarskiego w oparciu o sektory..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.2: Najwięksi producenci szkła opakowaniowego w UE (1997)**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.3: Rozkład instalacji do produkcji szkła opakowaniowego w Państwach Członkowskich**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.4: Liczba instalacji do produkcji szkła opakowaniowego w poszczególnych zakresach wielkości produkcji **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.5: Rozmieszczenie pieców wannowych float w Unii Europejskiej w roku 1997 **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.6: Liczba wanień float w Państwach Członkowskich w 1997. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.7: Procentowy udział wydajności wanień float w wyszczególnionych zakresach **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.8: Liczba instalacji i pieców do produkcji włókien ciągłych w Państwach Członkowskich .. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.9: Liczba pieców do produkcji włókien ciągłych w poszczególnych zakresach wielkości produkcji **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.10: Liczba oraz rozmieszczenie instalacji do produkcji szkła gospodarczego w Państwach Członkowskich w 1997 r. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.11: Liczba instalacji do produkcji szkła gospodarczego w poszczególnych zakresach wielkości produkcji (szacunkowo) **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.12: Zestawienie produkcji sektora szkła specjalnego **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.13: Rozmieszczenie produkcji szkła specjalnego w UE..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.14: Koszty inwestycyjne instalacji do produkcji szkła specjalnego**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.15: Liczba zakładów produkujących wełnę mineralną w Państwach Członkowskich UE **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.16: Liczba zakładów produkujących wełnę mineralną w poszczególnych zakresach wielkości produkcji. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.17: Produkcja włókien ceramicznych (liczba linii produkcyjnych) w Państwach Członkowskich UE **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.18: Liczba zakładów produkujących fryty w Państwach Członkowskich UE (szacunkowo) **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 1.19: Liczba zakładów produkujących szkliva z podziałem na wielkość produkcji (szacunkowo) **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 2.1: Najważniejsze surowce szklotwórcze **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 2.2: Pierwiastki stosowane do otrzymywania szkieł barwnych.. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 2.3: Szacunkowe zestawienie typów pieców w UE w 1997 roku [tm18 CPIV] **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 2.4: Typowy skład szkła opakowaniowego **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 2.5: Typowy skład szkła płaskiego **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 2.6: Typowy skład szkła E..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 2.7: Składy chemiczne głównych produktów sektora szkła specjalnego.....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 2.8: Typowe składy wełny mineralnej..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 2.9: Składy chemiczne typowych ogniotrwałych włókien ceramicznych w procentach wagowych **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 3.1: Podstawowe surowce stosowane w przemyśle szklarskim [tm18 CPIV] **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 3.2: Zestawienie emisji zanieczyszczeń pochodzących z procesu topienia. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 3.3: Potencjalna emisja metali ciężkich pochodzących z procesu topienia. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 3.4: Teoretyczne zapotrzebowanie na moc w procesie topienia szkła.**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 3.5: Przykłady jednostkowego zapotrzebowania energii dla szeregu pieców szklarskich. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 3.6: Nakłady produkcyjne i efekty procesu technologicznego dla branży opakowań szklanych [tm18 CPIV] **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 3.7: Materiały stosowane przy produkcji szkła opakowaniowego (CPIV Jan98) **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 3.8: Całkowite zakresy emisji zanieczyszczeń dla pieców topliwych z podstawowym i wtórnym systemem redukcji stosowanych w branży opakowań szklanych. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Tabela 3.9: Średnie 80-procentowe zakresy emisji zanieczyszczeń dla pieców topliwych w branży szkła opakowaniowego z pierwotnym i wtórnym systemem redukcji.	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.10: Materiały stosowane przy produkcji szkła płaskiego	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.11: Poziomy emisji zanieczyszczeń dla pieców topliwych dla szkła płaskiego bez systemu redukcji oraz dla pieców z instalacją systemu redukcji.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.12: Nakłady produkcyjne i efekty procesu produkcyjnego dla branży ciągłych włókien szklanych. [tm18 CPIV].....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.13: Materiały stosowane w branży ciągłych włókien szklanych.	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.14: Poziomy emisji zanieczyszczeń z pieców topliwych do produkcji ciągłych włókien szklanych.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.15: Nakłady produkcyjne i efekty procesu technologicznego dla branży szkła gospodarczego	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.16: Materiały stosowane w branży szkła gospodarczego	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.17: Całkowita emisja zanieczyszczeń powietrza z pieców topliwych do produkcji szkła gospodarczego.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.18: Materiały stosowane w branży szkieł specjalnych	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.19: Nakłady i produkcja w przykładowym procesie otrzymywania szkła wodnego. [tm28 EMPA]	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.20: Nakłady i produkcja w przykładowym procesie otrzymywania stożków ze szkła telewizyjnego.	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.21: Nakłady produkcyjne i efekty procesu produkcyjnego dla przykładowej produkcji paneli ze szkła telewizyjnego (zastosowano metodę selektywnej redukcji katalitycznej (SCR) do redukcji emisji tlenków NOx).....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.22: Materiały stosowane w branży wełny mineralnej	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.23: Objętość poprodukcyjnych spalin w procesie otrzymywania wełny mineralnej.	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.24: Całkowity zakres emisji zanieczyszczeń z procesu topienia wełny mineralnej.	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.25: Średnie 80 % emisje zanieczyszczeń z procesu topienia wełny mineralnej.	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.26: Całkowity zakres emisji w mg/m ³ dla linii produkcji wełny mineralnej.	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.27: Średni 80 % zakres emisji zanieczyszczeń dla linii produkcyjnej wełny mineralnej.	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.28: Produkcyjne odpady stałe w branży wełny mineralnej i sposób ich usuwania.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.29: Zużycie energii przy produkcji wełny mineralnej.	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.30: Materiały stosowane w branży włókien ceramicznych.	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.31: Główne surowce wykorzystywane do produkcji fryt.	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 3.32: Poziomy emisji zanieczyszczeń z pieców do topienia fryt. ..	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 4.1: Główne zalety i wady topienia elektrycznego	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 4.2: Główne zalety i wady podstawowych technik redukcji pyłów.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 4.3: Koszty filtrów elektrostatycznych wraz z absorpcją kwaśnych gazów [tm32 Beerkens]... ..	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 4.4: Podstawowe zalety i wady filtrów elektrostatycznych.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 4.5: Główne zalety i wady filtrów workowych	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 4.6: Podstawowe zalety i wady cyklonów.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 4.7: Główne zalety i wady modyfikacji spalania	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 4.8: Główne zalety i wady topienia z zastosowaniem mieszanki tlenowo-paliwowej.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 4.9: Główne zalety i wady procesu 3R	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 4.10: Koszty selektywnej redukcji katalitycznej SCR z filtrami elektrostatycznymi oraz płuczkami kwaśnych gazów	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 4.11: Główne zalety i wady selektywnej redukcji katalitycznej SCR	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 4.12: Koszty selektywnej redukcji niekatalitycznej SNCR.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 4.13: Główne zalety i wady selektywnej redukcji niekatalitycznej SNCR..	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 4.14: Koszty inwestycyjne technik redukujących	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
Tabela 4.15: Roczne koszty eksploatacyjne technik redukujących.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.

- Tabela 4.16: Specyficzne koszty technik redukujących w euro na tonę stopionego szkła **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 4.17: Koszty topienia mieszkanką tlenowo-paliwową (euro/tonę szkła) przy dwóch różnych cenach tlenu..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 4.18: Indykatywne emisje SOx w spalinach z pieca szklarskiego dla różnych paliw **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 4.19: Zróżnicowanie cen energii w UE – źródło (CPIV) **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 4.20: Sprawność suchej absorpcji dla Ca(OH)₂ (wielkości orientacyjne) ...**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 4.21: Wielkość redukcji SOx dla suchej absorpcji przy zastosowaniu Ca(OH)₂..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 4.22: Wielkość redukcji SOx dla suchej absorpcji przy zastosowaniu Na₂CO₃..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 4.23 Wielkość redukcji SOx dla półsuchej absorpcji z roztworem Na₂CO₃**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 4.24: Wielkość redukcji SOx dla półsuchej absorpcji z roztworem Ca(OH)₂ **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 4.25: Główne zalety i wady suchej i półsuchej absorpcji **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 4.26: Lista potencjalnych technik usuwania zanieczyszczeń wody na użytek przemysłu szklarskiego..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 5.1: Wskaźniki konwersji w mg/m³ na kg/tonę stopionego szkła ⁽¹⁾**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 5.2: Klasyfikacja metali i ich związków..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 10.1: Główne zanieczyszczenia występujące w przemyśle szklarskim, które można oznaczać **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 10.2: Techniki służące do ciągłego monitoringu **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 10.3: Przepływ masy (kg/h) implikujący stosowanie monitoringu ciągłego (Francja, Niemcy) **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Tabela 10.4: Monitoring zanieczyszczeń przy użyciu metod nieciągłych**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

- Rysunek 1.1: Całkowita produkcja szkła od 1986 do 1996 r. (*wylączając fryty i włókna ceramiczne) **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 2.1: Piec regeneracyjny opalany poprzecznie **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 2.2: Przekrój poprzeczny pieca regeneracyjnego **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 2.3: Pojedynczy kanał pieca regeneracyjnego opalanego poprzecznie **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 2.4: Plan pieca regeneracyjnego opalanego szczytowo **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 2.5: Formowanie metodami: tłocząco-dmuchałą i dmuchałą-dmuchałą. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 2.6: Proces produkcji szkła float **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 2.7: Proces produkcji szkła walcowanego **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 2.8: Formowanie wyrobu szklanego w procesie prasowania .. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 2.9: Formowanie artykułów szklanych w procesie wirowania. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 2.10: Typowy zakład wełny szklanej **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 2.11: Typowy obieg wody w procesie wełny mineralnej **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 2.12: Typowy zakład wełny kamiennej **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 3.1: Zużycie energii dla typowej huty szkła opakowaniowego **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 3.2: Zapotrzebowanie mocy dla typowej produkcji szkła płaskiego metodą float. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 3.3: Zużycie energii w typowym procesie otrzymywania ciągłych włókien szklanych .. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 3.4: Zużycie energii w produkcji ołowiowego szkła kryształowego (piec donicowy) **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- Rysunek 4.1: Schemat procesu wtórnego spalania **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**