

SPECYFIKA BRANŻY CIPP, CZYLI STYREN JEST WŚRÓD NAS

■ PAULINA STOPA

Kierownik Laboratorium Materiałów
Kompozytowych w POLíner sp. z o.o.



Z TEKSTU DOWIESZ SIĘ:

- ✓ czym jest styren,
- ✓ w jakich stężeniach występuje w otoczeniu,
- ✓ jak szybko ulega biodegradacji.

Bezwykopowa renowacja za pomocą wykładzin utwardzanych na miejscu (z jęz. ang. CIPP) odgrywa w obecnych czasach znaczącą rolę w odbudowie i naprawie istniejącej infrastruktury podziemnej [1]. Stanowi ona istotną alternatywę dla wykopów liniowych, ale wzbudza też zaniepokojenie odbiorców ze względu na skład materiałowy wykładziny renowacyjnej, a w szczególności w przypadku użycia osnowy z żywicy na bazie styrenu.

Patrząc z punktu widzenia zamawiającego i korzyści płynących z rodzaju wykonawstwa, metoda bezwykopowa jest bardzo prosta i relatywnie tania. Niestety, mimo większości zalet tej technologii, obawy związane z wyczuwalnym zapachem styrenu, powo-

dują chęć wprowadzenia zamiennika, który nie zawsze jest całkowicie korzystny i nie zawsze gwarantuje uzyskanie parametrów wykładziny zbliżonych do tych otrzymywanych z żywicą styrenową.

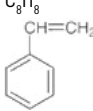
KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA STYRENU

Styren to organiczny związek chemiczny, który należy do grupy najważniejszych monomerów produkowanych na masową skalę. Nomenklatura wg IUPAC dla styrenu to fenylloeten, lecz znany jest również jako fenylloetylen, winylobenzen, etenylobenzen [2]. Podstawowe właściwości styrenu przedstawione są w tabeli 1 [3].

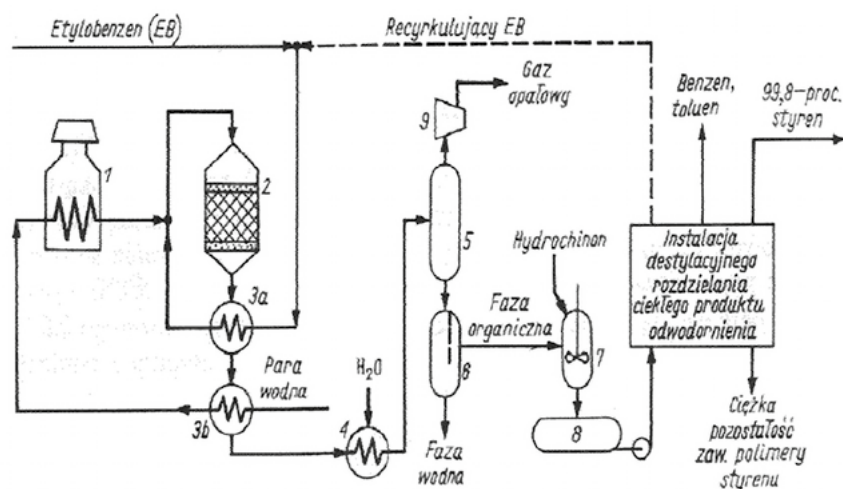
Obecna światowa produkcja styrenu wynosi **około 32 mln ton rocznie** [4]. Główna metoda przemysłowej produkcji styrenu od lat 30. XX wieku polega na odwodornieniu etylobenzenu w reaktorach adyabatycznych, wypełnionych warstwą katalizatora (rys. 1.). Wymieniony katalizator powinien być odporny na działanie pary wodnej, dlatego najczęściej stosowany jest tlenek żelaza (III). Dodatkowym elementem w syntezie jest także aktywator, tzn. tlenek chromu (III) i węgiel potasu [5, 6].

Styren wykorzystywany jest jako podstawowy surowiec do produkcji tworzyw termoplastycznych, czyli polistyrenu, a także jest składnikiem żywic, wypełniaczy, szpachłówek, tynków i chemii modelarskiej [3, 5, 6].

WŁAŚCIWOŚCI STYRENU

Wzór sumaryczny: Wzór strukturalny:	C_8H_8 
Nr CAS	100-42-5
Stan skupienia	Bezbarwna, lepka ciecz
Próg zapachu w powietrzu	0,1 mg/m ³
Temperatura topnienia	-30,6°C
Temperatura wrzenia	145°C
Prężność pary	0,6 kPa w 20°C
Gęstość	0,91 g/cm ³ w 20°C
Rozpuszczalność w wodzie	300 mg/l w 20°C

TAB. 1. | Właściwości dotyczące styrenu [3]



RYS. 1. | Uproszczony schemat produkcji styrenu metodą odwodornienia etylobenzenu: 1 - piec rurowy, 2 - reaktor adiabatykny, 3 - wymienniki ciepła, 4 - chłodnica, 5 i 6 - separatory, 7 - mieszalnik, 8 - zbiornik ciekłego produktu odwodornienia, 9 - sprężarka [6]

Styren uwalnia się wprost do powietrza w przypadku stosowania wyrobów takich jak detergenty do prania, produkty do pielęgnacji samochodów, farby, powłoki, kleje, odświeżacze powietrza. Związek występuje także naturalnie w wielu roślinach, np. w ziarnach kawy czy w orzeszkach ziemnych [3, 8].

STYREN W ŻYWICACH

Styren jest uznawany za bardzo dobry rozpuszczalnik dla wielu związków organicznych, w tym dla żywic winyloestrowych i poliestrowych [9]. Szacuje się, że żywice poliestrowe styrenowe zawierają w swoim składzie około 50% styrenu, winyloestro-

we 30%, zaś żywice poliestrowe z DCPD (dicyklopentadienem) również zaledwie 30%, stąd często nazywane są żywicami niskoemisyjnymi. DCPD znacznie wpływa na poprawę rozpuszczalności poliestru nienasyconego w styrenie i poprawę stopnia

wyschnięcia powłok oraz na zwiększenie twardości ich powierzchni [9].

ŻYWICE O NISKIEJ EMISJI STYRENU (LSE)

Żywice typu LSE zawierają dodatki obniżające parowanie styrenu, których główną zaletą jest tworzenie nad powierzchnią żywicy błony, blokującej dalszą emisję par [9].

ŻYWICE O NISKIEJ ZAWARTOŚCI STYRENU (LSC)

Inną metodą zmniejszenia emisji styrenu z żywic poliestrowych lub winyloestrowych jest po prostu zmniejszenie jego zawartości w żywicy. W ciągu minionych lat producenci żywic osiągnęli stały spadek zawartości styrenu w standardowych żywicach lub żelkotach bez wpływu na ich użytkowanie czy wydajność [9].

Po dodaniu do żywicy LSC dodatków obniżających parowanie powstaje kombinacja żywicy LSE i LSC, co umożliwi zmniejszenie emisji styrenu w jeszcze większym stopniu. Żywice LSE/LSC mogą zmniejszyć całkowitą emisję o 30-50%, w zależności od procesu sieciowania, a połączenie obu technologii może gwarantować zmniejszenie emisji styrenu o kolejne 10-20% [9].

Styren jest wysoce wydajnym, skutecznym i niedrogim monomerem sieciującym. Chociaż istnieją reaktywne monomery będące alternatywą dla styrenu, powszechne zastąpienie styrenu pojedynczym, innym związkiem nie jest realistycznie możliwe ze względu na kwestie techniczne. Ponadto wpływ ekonomiczny takich związków alternatywnych musi zostać oceniony indywidualnie w każdym przypadku [10].

Styren jest uznawany za bardzo dobry rozpuszczalnik dla wielu związków organicznych, w tym dla żywic winyloestrowych i poliestrowych



Innym aspektem, który należy uwzględnić jest to, że styren jest od 50 lat stosowany jako monomer w tworzywach polimerowych zbrojonych włóknami (FRP) i jego właściwości są bardzo dobrze znane, a większość obecnie dostępnych związków alternatywnych trzeba dopiero ocenić pod kątem swoich warunków stosowania [9].

EMISJA STYRENU RESZTKOWEGO PRZYCZYNĄ NIEPRZYJEMNEGO ZAPACHU

Styren resztkowy w CIPP to pozostałość substancji monomerowej (w tym przypadku styrenu), która nie przereagowała w reakcji polimeryzacji i pozostaje składnikiem kompozytu polimerowego [11]. Styren resztkowy ze względu na swoje właściwości z reguły ulatnia się stosunkowo szybko w sposób samoistny [12], jednak z uwagi na otoczenie wykładziny z jednej strony rurą macierzystą, a z drugiej strony foliami typu polipropylen, polietylen stanowiącymi wewnętrzną powłokę rękawa, czas ten ulega wydłużeniu. Proces zależy także od występującej temperatury wewnątrz rurociągu i panuje zasada, że im jest ona wyższa, tym szybciej następuje proces bezpowrotnego uwalniania styrenu resztkowego. Należy zauważyć, że usieciowana żywica posiada różny stopień konwersji styrenu, który jest niższy od 100% i szacuje się, że do 2% styrenu może nie ulec przereagowaniu [13, 14].

Średni próg powonienia zgłaszany dla styrenu w wodzie o temperaturze 40°C wynosi 0,12 mg/l. Styren ma słodki, charakterystyczny zapach, a progi zapachu dla roztworów wodnych wahają się od 0,02 do 2,6 mg/l. Zgłoszono również próg zapachu dla roztworów wodnych o temperaturze 60°C wynoszący 0,0036 mg/l [3].

Badanie styrenu resztkowego według Polskiego Stowarzyszenia Technologii Bezwykopowych powinno być wykonywane według dwóch norm DIN 53394-2 oraz PN-86/C-89407, jednakże druga norma jest już wycofana od 2012 roku [13, 15, 16].

Metody opisane w niniejszych normach opierają się na ekstrakcji styrenu z próbką badanej przy użyciu chloroformu z dodatkiem wzorca wewnętrznego, a następnie

oznaczeniu styrenu za pomocą chromatografii gazowej. Wynik podawany jest w procentach [13, 15, 16].

CO DALEJ ZE STYREMEM RESZTKOWYM?

CZYLI KILKA SŁÓW O...BIODEGRADOWALNOŚCI, LOTNOŚCI, A TAKŻE O ZAGROŻENIACH DLA ŚRODOWISKA I LUDZI

Wiele procesów wpływa na losy styrenu w danym środowisku i są to m.in. fotoutlenianie, ulatnianie i biotransformacja. Przewiduje się, że większość uwalnianego do środowiska styrenu trafi do atmosfery ze względu na jego wysoki potencjał ulatniania się [3, 12].

Styren w powietrzu jest bardzo reaktywny i ulega rozkładowi w obecności rodników hydroksylowych i ozonu, a okres półtrwania wynosi około 2 godziny. W powietrzu styren utlenia się m.in. do aldehydów, ketonów, kwasu benzooesowego, węglowodorów nienasyconych [3].

Ze względu na wysoki wskaźnik wykorzystania styrenu w różnych sektorach przemysłu, badania nad jego biodegradowalnością trwają już od lat. W związku z tym, wydaje się interesujące podanie przykładu zmodyfikowanego testu MITI (II) (wytyczne OECD o nr 302C), który zastosowano do określenia naturalnej biodegradowalności styrenu [17]. Od początkowego stężenia 30 mg/l w osadzie czynnym, 100% uległo degradacji po 14 dniach, co prowadzi do wniosku, że styren jest co najmniej samoistnie biodegradowalny.

a. Redukcja i degradacja styrenu

Styren łatwo rozkłada się w wodzie w warunkach tlenowych i ulega biodegradacji w większości gleb wierzchnich i środowisk wodnych, zaś w warunkach beztlenowych proces ten postępuje znacznie wolniej. Styren charakteryzuje się umiarkowaną mobilnością w glebie. Ponadto uważa się, że jego transport w powietrzu na duże odległości jest nieistotny ze względu na jego krótki okres półtrwania w atmosferze [3, 8].

Z danych przedstawionych w karcie charakterystyki styrenu wynika, że najkorzyst-

niejszym sposobem usunięcia styrenu może być wyłukiwanie go z wyrobów za pomocą wody. Taki proces powinien doprowadzić do zredukowania styrenu, ponieważ posiada on rozpuszczalność w wodzie wynoszącą 0,3 g/l w 20°C. W punkcie 12 karty charakterystyki niezmiennie występuje informacja, że styren jest bardzo szybko biodegradowalny. Szacuje się, że wartość biodegradowalności pozostaje w zakresie od 70 do 80% po 20 dniach, co dodatkowo potwierdza wskazany test MITI [12, 17].

b. Istotne wskaźniki, które można wyczytać w karcie charakterystyki

Styren jest substancją nie uważaną za utrzymującą się w środowisku, podlegającą bioakumulacji ani toksyczną (PBT), nie jest uważany za substancję utrzymującą się w środowisku przez długi czas i ulegającą dużej bioakumulacji (vPvB). Narażenie na styren może wystąpić w wyniku wdychania, spożycia lub wchłaniania przez skórę [12].

PNEC – ocena zagrożenia dla środowiska – określająca stężenie, poniżej którego nie jest spodziewane wystąpienie negatywnego wpływu na badany obszar środowiska, wynosi 0,028 mg/l [12].

DNEL – poziom narażenia na substancję, poniżej którego ludzie nie powinni być narażeni. Rozporządzenie REACH definiuje je jako poziomy narażenia, poniżej których substancja nie szkodzi zdrowiu ludzkiemu. Dla styrenu DNEL poprzez poknięcie – 2,1 mg/kg masy ciała/24 godz. [12].

c. Negatywne oddziaływanie na człowieka

Krótkoterminowe kontrolowane badania na ochotnikach narażonych na wdychanie styrenu z powietrza wykazały, że w stężeniu powyżej 210 mg/m³ może powodować: podrażnienie błon śluzowych oczu, nosa i dróg oddechowych oraz depresje ośrodkowego układu nerwowego, na co wskazuje apatia, senność, brak koordynacji, wydłużony czas prostych reakcji i zmiany w funkcjonowaniu wzrokowej reakcji, a także amplituda EEG [3, 18].

W badaniach klinicznych przeprowadzonych na ludziach narażonych zawodowo przez długi czas, negatywne skutki były obserwowane przy stężeniach powyżej

200 mg/m³. Zasadniczo przyjmuje się, że poniżej 100 mg/m³ styrenu w powietrzu nie obserwuje się znacząco negatywnych efektów działania dla człowieka. Najniższa wykryta dotychczas dawka powodująca marginalne oddziaływanie dla ludzi wynosiła 84 mg/m³. Według niektórych naukowców i organizacji nie ma jednoznacznego stanowiska na temat negatywnego wpływu styrenu na rozrodność i działanie teratogenne [3, 19, 20].

EPA (Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska) ustaliła, że ekspozycja na styren w wodzie pitnej w stężeniach 20 mg/l przez 1 dzień lub 2 mg/l przez 10 dni nie powinna powodować żadnych niekorzystnych skutków u dzieci [21].

EPA ustaliła, że nie oczekuje się, aby dożywna ekspozycja na 0,1 mg/l styrenu w wodzie pitnej powodowała jakiegokolwiek negatywne skutki [21].

TDI dla styrenu, czyli wartości oszacowanej ilości substancji (w przeliczeniu na kilogram masy ciała), która może być spożywana codziennie przez całe życie bez znacznego ryzyka, została wyznaczona na poziomie 7,7 µg/kg masy ciała. Jeżeli 10% TDI przeznaczono na wodę pitną można łatwo obliczyć maksymalną wartość zalecaną 20 µg/l (w zaokrągleniu). Należy zauważyć, że najniższy zaobserwowany próg zapachu dla styrenu w wodzie wynosi również 20 µg/l [3].

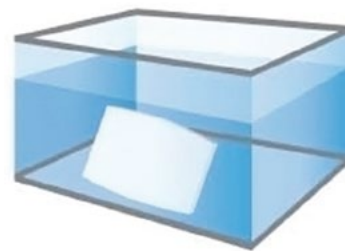
d. Przykładowe badania dotyczące migracji związków z rury kompozytowej

W stanie Virginia w USA wykonana została analiza dotycząca migracji związków chemicznych występujących w wykładzinie renowacyjnej utwardzanej m.in. promieniowaniem UV. Jedną z analizowanych przez badaczy substancji był styren. Test polegał na pobieraniu próbek wody przepływającej przez wykładzinę (rys. 2.) i pozostającej w bezruchu jako woda stojąca w naczyniu, w którym zanurzone kawałek rękawa (rys. 3.) [22].

Próbkowano do momentu, gdy stężenia związków były bliskie lub niższe od laboratoryjnych limitów sprawozdawczych lub progów toksyczności dla gatunków wodnych i było to w przypadku styrenu maksymalnie 49 dni po wykonanej instalacji (tab. 2.). Wyniki porównano następnie z ustalonymi normami i regulacjami [22].



RYS. 2. | Przepływ wody przez próbkę testową [22]



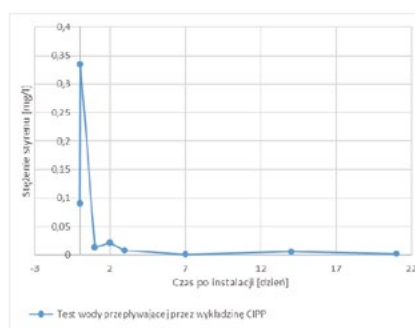
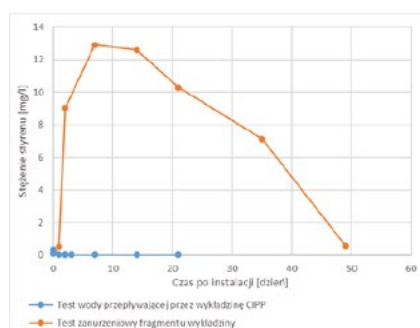
RYS. 3. | Test zanurzeniowy próbki w wodzie stojącej [22]

PRZEPROWADZONE TESTY	ANALIZY PRÓBEK WODY I CZĘSTOTLIWOŚĆ ICH POBIERANIA	
	Żywica styrenowa (utwardzana UV)	
	Wykonawca A	Wykonawca B
Test wody przepływającej przez wykładzinę CIPP (instalacja w terenie)	Analiza: styren Częstotliwość próbkowania: woda płuczająca; 30 minut po wykonaniu instalacji; liczba dni: 2, 3	Analiza: styren Częstotliwość próbkowania: woda płuczająca; 30 minut po wykonaniu instalacji; liczba dni: 1, 2, 3, 7, 14, 21
Test zanurzeniowy fragmentu wykładziny w wodzie	Częstotliwość próbkowania: liczba dni: 1, 3	Częstotliwość próbkowania: liczba dni: 1, 2, 7, 14, 21, 35, 49

TAB. 2. | Przeprowadzone badania i częstotliwość pobierania próbek wody po instalacjach CIPP [22]

CZAS (PO INSTALACJI)	STĘŻENIE STYRENU (mg/l)		
	Wykładzina nr 1: Test wody przepływającej przez wykładzinę CIPP	Wykładzina nr 2: Test wody przepływającej przez wykładzinę CIPP	Wykładzina nr 1 i nr 2: Test zanurzeniowy fragmentu wykładziny
Koniec instalacji (woda płuczająca)	<0,001	<0,001	
30 min	<0,001	<0,001	
1 dzień	<0,001	<0,001	<0,001
3 dni	<0,001	<0,001	<0,001

TAB. 3. | Stężenia styrenu w próbkach wody pobranych po instalacji (2 wykładziny o średnicy 18 cali - 457,2 mm), wykonawca A [22]



RYS. 4. | Stężenia styrenu w próbkach wody pobranych po instalacji (wykładzina o średnicy 30 cali = 762 mm), wykonawca B

Styren w powietrzu jest bardzo reaktywny i ulega rozkładowi w obecności rodników hydroksylowych i ozonu, a okres półtrwania wynosi około 2 godziny



Wszystkie próbki pobierano w warunkach niskiego przepływu wody. Stężenia styrenu we wszystkich próbkach kontrolnych z testów przepływu i testów zanurzeniowych były poniżej laboratoryjnych poziomów wykrywalności (<0,001 mg/l)(tab. 3.)[22].

Po instalacji wykonawcy B, styren wykryto w próbkach płynącej wody, jednakże jego stężenie nie przekroczyło progów toksyczności dla gatunków wodnych w każdej z ośmiu próbek wody pobranych na wylocie z rury. **Przekroczenie wykryto w pięciu kolejnych próbkach wody z testu zanurzeniowego, a maksymalne stężenie styrenu wynosiło 12,9 mg/l (rys. 4.). Wyniki te wskazują, że wypłukiwanie styrenu z wykładziny zostało złagodzone przez przepływ wody [22].**

Stężenie na poziomie 12,9 mg/l wystąpiło 7 dni po zanurzeniu fragmentu wykładziny, a następnie ulegało stopniowemu zmniejszaniu się w wyniku wymywania niespolimeryzowanego styrenu z wykładziny. Otrzymane stężenia styrenu przekraczały progi toksyczności przez co najmniej 35 dni po zanurzeniu.

ROZPOWSZECHNIENIE STYRENU WOKÓŁ NAS

a) Powietrze

Główną drogą narażenia na styren dla ogółu populacji jest wdychanie zanieczyszczonego powietrza. Średni poziom styrenu w powietrzu w pomieszczeniach odnotowano w zakresie 0,1- 50 µg/m³. Typowymi źródłami emisji styrenu przemysłowego są zakłady produkujące styren, polistyren, inne tworzywa sztuczne, kauczuk syntetyczny i żywice. Na podstawie szacunków EPA przeciętna osoba spędza w pomieszczeniu 20,4 h dziennie (wdycha-

jąc około 17 m³ powietrza w tym czasie), a zakres średnich stężeń styrenu w powietrzu w pomieszczeniach może wynosić od 1,7 do 850 µg/dobę. Stężenie styrenu jest znacznie wyższe w domach osób palących, niż osób niepalących. Stężenie styrenu w dymie papierosowym wynosi 18 µg/papieros [23, 24].

W miejscu pracy lub w biurze domowym może występować znacznie wyższy poziom styrenu w powietrzu ze względu na emisje z drukarek laserowych i kserokopiarek. Ogólne stężenia styrenu w miejscu pracy wahały się od 89 do 1,5x10⁶ µg/m³ [3].

Styren jest także produktem emisji spalin z pojazdów silnikowych, zarówno z silników benzynowych, jak i wysokoprężnych. Wskaźnik emisji styrenu wynosi od 6,2 do 7 mg/km [3].

Narażenie na styren z miejsc składowania odpadów niebezpiecznych jest potencjalnie ważne, ale skala problemu jest nieznana.

b) Woda

Wykazano, że styren ulega degradacji biologicznej w kilku typach systemów wodnych, w tym w zakładach oczyszczania ścieków, reaktorach z warstwą biofilmu, wodach gruntowych i jeziorach. Szacowane jest, że w Stanach Zjednoczonych w 2006 roku około 1,83 ton styrenu zostało uwolnionych do wód powierzchniowych

z krajowych zakładów produkcyjnych i przetwórczych [25]. Głównymi źródłami uwalniania styrenu do wody są ścieki przemysłowe. Styren wykryto w ściekach z zakładów zgazowania chemicznego, tekstylnego, lateksowego i węglowego (26, 27).

W badaniach wód gruntowych biodegradacja styrenu wahała się od 4 do 12% na tydzień, a nowsze badania wykazały podobne tempo degradacji – ponad 40% mineralizacji po 30 dniach. Styren miał podobny potencjał degradacji w wodzie jeziora z wynoszącą około 35% degradacją po 30 dniach [26, 27].

W 1985 r. w Renie wykryto styren w maksymalnym stężeniu 0,1 µg/litr, zaś w Great Lakes (USA) wykryto go w stężeniach 0,1-0,5 µg/litr [3]. W próbkach wody z odwiertów pobranych w pobliżu Odry na stanowiskach w Głogowie i Połęczku w Polsce, zostały wykryte wysokie stężenia toluenu (0,5-1,7 ppb), etylobenzenu (0,5-2,3 ppb), styrenu (0,7-5 ppb) i trimetylobenzenu (0,25-1,3 ppb). Stężenia były znacznie wyższe w porównaniu z próbkami wody pobranymi bezpośrednio z rzeki [28].

c) Gleba

Główne zanieczyszczenie gleby związane jest z wyciekami chemicznymi, składowaniem odpadów zawierających styren na wysypiskach lub zrzutu wody zanieczyszczonej [29].

Niewielka ilość styrenu jest wytwarzana naturalnie w wyniku działania mikroorganizmów lub poprzez rośliny. Jednakże nie oczekuje się, że ilości uwalniane do gleby w wyniku tych procesów będą znaczące w porównaniu z działalnością człowieka [29]. Styren ulega szybkiej degradacji w większości gleb podczas inkubacji w warunkach tlenowych, ale utrzymuje się, gdy warunki są beztlenowe [18, 29].

Główną drogą narażenia na styren dla ogółu populacji jest wdychanie zanieczyszczonego powietrza



d) Żywność

Styren wykryto w żywności pakowanej w pojemniki styropianowe, zwłaszcza w jogurcie (2,5 – 34,6 µg/kg) [3, 7, 29]. W innych produktach mlecznych i miodzie wykryto nawet kilkadziesiąt mikrogramów 120 dni po zapakowaniu. We wschodniej Australii 146 próbek żywności zapakowanych zostało w styropian, szczególnie produkty mleczne. Około 85% próbek jogurtów zawierało mniej niż 50 µg/kg (maksymalnie 100 µg/kg). Najniższe stężenia stwierdzono w margarynie (90% zawierało mniej niż 10 µg styrenu/kg żywności) [3, 29].

W badaniu obejmującym 133 różne rodzaje artykułów spożywczych pakowanych w materiały na bazie styrenu (100–500 mg/kg), stężenie w środkach spożywczych wahało się od mniej niż 1 do 200 µg/kg. W produktach mięsnych styren występował w najbardziej zewnętrznej warstwie i nie został wykryty po ugotowaniu. Styren w piwie występuje w ilości około 20 µg/l [3, 7, 29].

Styren jest też naturalnie występującym składnikiem cynamonu. Stężenie styrenu wynosi 40 000 µg/kg [7, 29].

Vitrac i Leblanc oszacowali medianę spożycia styrenu na poziomie od 1 do 35 µg/dzień na osobę w przypadku migracji tej substancji z opakowań żywności [30]. Na podstawie szacunkowych wskaźników spożycia żywności, Tang i inni zgłosili szacowaną roczną ekspozycję populacji ogólnej na styren z żywności w zakresie od 0,8 do 4,5 mg/osobę [31].

e) Inne występowanie styrenu [3, 5, 6, 8]

- surowiec do produkcji tworzyw termoplastycznych (rodzaje polistyrenów, najpopularniejszy styropian),
- rozpuszczalnik w żywicach,
- materiały budowlane, tzn. wypełniacze, szpachlówki, tynk, chemia modelarska,
- materiały izolacyjne do zastosowań elektrycznych, tj. okablowanie i urządzenia,
- detergenty do prania,
- produkty do pielęgnacji samochodów,
- farby, powłoki, kleje,
- odświeżacze powietrza,
- wykładziny dywanowe,
- części samochodowe,
- zabawki, np. gniotki.

WYTYCZNE DOTYCZĄCE BEZPIECZNEGO UŻYTKOWANIA WYKŁADZIN CIPP NASĄCZONYCH ŻYWICAMI NA BAZIE STYRENU

Przestrzeżenie odpowiednich procedur i zalecanych praktyk w miejscu pracy ma na celu zminimalizowanie zagrożenia bezpieczeństwa pracowników i społeczeństwa. Podstawowym obowiązkiem wykonawcy jest zapewnienie bezpiecznego miejsca pracy, w tym dostarczenie szczegółowego planu bezpieczeństwa dla danego miejsca zgodnie z wymogami stanowymi lub prowincjonalnymi i lokalnymi.

Kilka najważniejszych zasad, którymi powinniśmy kierować się w pracy z rękawami renowacyjnymi [32]:

- 1) Przestrzegaj standardów bezpieczeństwa i dokonuj przeglądu wymogów lokalnych dotyczących bezpieczeństwa specyficznego dla danego miejsca przed rozpoczęciem prac.

- 6) Stosuj środki zapobiegające nadmieremu pyleniu się podczas obróbki wykładziny oraz korzystaj ze środków ochrony indywidualnej (maski przeciwpyłowe).
- 7) Medium służące utwardzaniu wykładziny (woda, kondensat) usuwaj do kanalizacji sanitarnej w celu jej rozcieńczenia.
- 8) Wybieraj produkty z foliami barierowymi, które ograniczają emisję styrenu w gotowym wyrobie.
- 9) Dokonaj niwelacji i uregulowania uciążliwych warunków występujących na budowie, tzn. wody gruntowe, napływy, ograniczenie czynników obniżających temperaturę procesu sieciowania, wybieraj źródła światła o sprawdzonej mocy technicznej.
- 10) W przypadku stosowania żywic o zmniejszonej ilości styrenu w systemie, pamiętaj o prawdopodobieństwie obniżenia parametrów wytrzymałościowych w porównaniu z żywicami standardowymi.

Wykorzystanie żywic niezawierających styrenu wzrosło głównie z powodu negatywnego rozgłosu na temat jego wyczuwalnego, ostrego zapachu oraz niskiego progu wykrywania przez ludzi



WNIOSKI

Styren jest wszechobecny i z pewnością nie jesteśmy w stanie się przed nim ustrzec. Nie zwalnia nas to jednak z odpowiedzialności i dążenia do ograniczania jego emisji do otoczenia. Należy mieć świadomość jego występowania i znać rozwiązania pozwalające na jego bezpieczne użytkowanie. Chociaż alternatywne monomery są już obecnie stosowane w branży CIPP, to żaden z nich nie dorównał ogólnej wydajności lub kosztom styrenu. Wykorzystanie żywic niezawierających styrenu wzrosło głównie z powodu negatywnego rozgłosu na temat

jego wyczuwalnego, ostrego zapachu oraz niskiego progu wykrywania przez ludzi. Pewne jest, że definitywne wyeliminowanie żywicy styrenowej jako osnowy nie wydaje się opłacalne ze względu na odporność chemiczną i pozytywne właściwości mechaniczne utwardzonego kompozytu. Mimo wszystko ostateczny wybór pozostawia się zamawiającemu. |

LITERATURA

- [1] Donaldson B.: Environmental Implications of Cured-in-Place Pipe Rehabilitation Technology, 10.3141/2123-19, December 2009.
- [2] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Styrene>
- [3] Styrene in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, World Health Organization 2003, WHO/SDE/WSH/03.04/27.
- [4] Shishavan F., Iranshahi D.: An application of a Pd-based membrane in a multistage spherical styrene monomer production process for hydrogen extraction, Iran, April 2023.
- [5] Ali E., Hadj-Kali M.: Energy efficiency analysis of styrene production by adiabatic ethylbenzene dehydrogenation using exergy analysis and heat integration, Polish Journal of Chemical Technology, April 2018.
- [6] Szukała A.: Wytwarzanie styrenu z etylbenzenu 311[31].Z4.07, Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2006.
- [7] Steele D.H., Thornburg M.J. i inni: Determination of styrene in selected foods, J. Agric. Food Chem. 1994, 42, 8, 1661-1665.
- [8] Miller R.R., Newhook R., Poole A.: Styrene Production, Use, and Human Exposure, PubMed, February 1994.
- [9] Poradnik bezpiecznej pracy nr 5: Żywice o niskiej emisji styrenu i niskiej zawartości styrenu The European UP/VE Resin Association, European Composites Industry Association, 2017.
- [10] <https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/styrene.pdf>
- [11] Alfred Rudin, Phillip Choi: Chapter 1 – Introductory Concepts and Definitions, Monomer Residue, The Elements of Polymer Science & Engineering (Third Edition), 2013.
- [12] Karta charakterystyki styrenu, Lyondell Chemie Nederlands, B.V., 01/23/2023.
- [13] DIN 53394-2:1993-12: Testing of plastics; determination of the percentage of styrene in reaction moulding materials based on unsaturated polyester resins; gaschromatography method.
- [14] Section 7.2.5 of DWA-A 143-3:2014-05: Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 3: Vor Ort härtende Schlauchliner.
- [15] Badania odbiorowe wykładzin CIPP instalowanych w rurociągach sieci i instalacji zewnętrznych. Wytyczne Polskiego Stowarzyszenia Technologii Bezwykopowych, Kraków; 2021.
- [16] PN-86/C-89407: Utwardzone nienasycone żywice poliestrowe. Oznaczanie wolnego styrenu metodą chromatografii gazowej.
- [17] Biodegradation and bioaccumulation data of existing chemicals based on the CSCL (chemical Substance Control Laboratory), Chemicals Inspection and Testing Institute. Japan, October Belgium 1992.
- [18] Gibbs B.F., Mulligan C.N.: Styrene Toxicity: An Ecotoxicological Assessment, Ecotoxicology and Environmental Safety, Volume 38, Issue 3, December 1997.
- [19] van Apeldoorn ME et al. Integrated criteria document styrene – effects. Project No. 668310. Bilthoven, Netherlands, National Institute of Public Health and Environmental Protection, 1985.
- [20] Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Toxicological evaluation of certain food additives and food contaminants. Cambridge, Cambridge University Press, 1984:171-196 (Food Additives Series No. 19).
- [21] National Water Quality Inventory Report to Congress, United States Environmental Protection Agency, April 1992.
- [22] Donaldson B.M.: Water quality implications of culvert repair options : vinyl ester based and ultraviolet cured-in-place pipe liners, USA 2012.
- [23] Vainiotalo S. i inni: Measurement of 16 volatile organic compounds in restaurant air contaminated with environmental tobacco smoke, Environmental Research, Volume 108, Issue 3, November 2008.
- [24] National Water Quality Inventory Report to Congress, United States Environmental Protection Agency, 1984b.
- [25] Styrene, Styrene-7,8-oxide, and Quinoline. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 121., IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. International Agency for Research on Cancer, Lyon 2019.
- [26] National Water Quality Inventory Report to Congress, United States Environmental Protection Agency 1976.
- [27] Pellizzari E. i inni: Identification of organic constituents in aqueous effluents from energy-related processes, January 1978.
- [28] Kuczyńska A., Wolska L., Namieśnik J.: Non-Regulated Organic Compounds (NROC's) in the Odra River Water Samples, Pol. J. Environ. Stud. 2004;13(3):295-301.
- [29] Toxicological Profile for Styrene, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), USA 2010.
- [30] Vitrac O., Leblanc J.: Consumer exposure to substances in plastic packaging. I. Assessment of the contribution of styrene from yogurt pots, Food Additives and Contaminants 24(2):194-215.
- [31] Tang W. i inni: Estimation of human exposure to styrene and ethylbenzene, Toxicology, 2000 Apr 3;144(1-3):39-50.
- [32] Guideline for the Safe Use and Handling of Styrene-Based Resins in Cured-in-Place Pipe, NASSCO, Health & Safety Committee, CIPP Safety Workgroup, Technical Advisory Council (TAC), April 2023.

Konferencja



BRANŻA WOD.-KAN. –
**OCHRONA I BEZPIECZEŃSTWO
INFRASTRUKTURY KRYTYCZNEJ**

**OCHRONA
KINETYCZNA**

**BEZPIECZEŃSTWO
CYFROWE**

**18-20 czerwca
2024 r.**

**Hotel Herbarium,
ChomiąŜa Szlachecka
k. Źnina**

**Organizator:
Wydawnictwo
2K TECHNOLOGIE**