

Robert Stein



Zastosowanie PVC do renowacji kanałów



Tytuł oryginału:

Der Einsatz von PVC bei der Renovierung von Kanälen

Język oryginału: niemiecki

Copyright © 2014 by Robert Stein

All rights reserved

Tłumaczenie: Jerzy Janyga

Biuro Tłumaczeń ULTRA J. Górnicka-Holeczek, M. Cichocka Sp. j., Poznań

© Copyright for the polish edition by

Polskie Stowarzyszenie Producentów Rur i Kształtek z Tworzyw Sztucznych

Polskie Stowarzyszenie Producentów Rur i Kształtek z Tworzyw Sztucznych

87-100 Toruń, ul. Szosa Chełmińska 30

e-mail: biuro@prik.pl

www.prik.pl

Wydanie II (wersja elektroniczna)

Toruń 2020

Przedmowa

Od początku lat siedemdziesiątych nasze społeczeństwo przeszło przemianę od społeczeństwa dobrobytu i marnotrawstwa do społeczeństwa posiadającego większą świadomość znaczenia ochrony środowiska. Jednak niektóre jego zdobycze są oceniane krytycznie.

Dlaczego właśnie PVC jest tak bardzo kontrowersyjnym materiałem? Główna przyczyna leży chyba w tym, że od końca lat osiemdziesiątych wiadomo, że wiele związków organicznych chloru, takich jak propelenty aerozolowe, farby, rozpuszczalniki, a także tworzywa sztuczne są toksyczne, rakotwórcze, szkodliwe dla genomu i dla środowiska. Partia Zielonych żąda wycofania związków chemicznych, w których skład wchodzi chlor.

PVC zawiera w swojej budowie chemicznej dużą ilość chloru i dlatego stało się to przedmiotem rozgrywek politycznych. Chyba żaden materiał nie został tak szczegółowo przebadany pod kątem szkodliwości dla środowiska jak PVC. Dzięki temu dyskusja stała się w większym stopniu merytoryczna. Jednak opinia publiczna często nie jest kształtowana przez wyniki szczegółowych badań, ale przez informacje rozpowszechniane przez media.

Takie artykuły prasowe, jak te publikowane po pożarze lotniska w Dusseldorfie, czy też dotyczące rakotwórczej zabawki z PVC szybko prowadzą dyskusję na tory emocjonalne. Rodzi się poczucie braku pewności, rozpalają się ponownie dawne uprzedzenia. Neutralne stanowisko oparte na mocnych podstawach zakłada jednak znajomość ekologicznych, ekonomicznych i społecznych aspektów materiału, podczas rozpatrywania jego całego okresu użytkowania.

Pierwsza tego rodzaju dyskusja miała miejsce w 1999 roku. Wówczas firma Prof. Dr. Ing. Stein & Partner GmbH, na zlecenie austriackiej firmy Rib-Loc, wynalazcy technologii i producenta rur spiralnie zwijanych, sprawdziła za pomocą badań ankietowych zastosowanie PVC w sieciach kanalizacyjnych różnych miast niemieckich i jego ocenę [1]. Ponadto spróbowano określić powody przemawiające przeciwko zastosowaniu tego materiału.

Zebrane wówczas zastrzeżenia (patrz tabela nr 2) są jeszcze dzisiaj przytaczane przez gminy, chociaż podstawy produkcji PVC uległy zmianie, a wiedza o tym materiale jest znacznie lepsza. Wprawdzie zniesiono wiele ówczesnych wytycznych ograniczających zastosowanie PVC, jednak gminy nierzadko jeszcze kierują się przepisami ograniczającymi zastosowanie PVC.

Były one w swoim czasie bardzo zbliżone, a ich treść sprowadzała się do jednego: *„Rezygnacja z materiałów budowlanych zawierających PVC w tych dziedzinach, w których można je zastąpić”*. Różnice polegały przede wszystkim na sposobie realizacji tych przepisów, uzależnionym od finansowych i technicznych możliwości zastąpienia PVC.

W wielu wypadkach impuls do rezygnacji dawali wysocy urzędnicy wydziałów budownictwa, jednak rezygnacja ta nie obyła się bez skutków dla budownictwa podziemnego i budowy sieci kanalizacyjnych.

Niniejszy artykuł fachowy, mający formę studiów literaturowych, rejestruje - na zlecenie Geiger Kanaltechnik GmbH & Co. KG - funkcjonujące jeszcze dzisiaj zastrzeżenia, oraz przedstawia argumenty,

które powinny umożliwić fachową, krytyczną dyskusję na temat zastosowania PVC w renowacji kanałów.

Robert Stein

Przedmowa do wydania polskiego

Przekazujemy Państwu polskie tłumaczenie opracowania profesora Roberta Steina dotyczące polemiki z zastrzeżeniami kierowanymi pod adresem zastosowania PVC w budowie i renowacji kanałów i przewodów w budownictwie. Opracowanie prof. Steina dotyczy sytuacji w Niemczech, niemniej nieuzasadnione zastrzeżenia pod adresem PVC i jego zastosowań w budowie sieci kanalizacyjnej równie często pojawiają się również w naszym kraju. Merytoryczna polemika oparta na argumentach naukowych jest zatem niezwykle istotna.

Polskie Stowarzyszenie Producentów Rur i Kształtek z Tworzyw Sztucznych (PRiK) jako jedno ze swoich głównych zadań uważa obronę rur i kształtek z tworzyw sztucznych przed nieuzasadnioną krytyką bazującą na uprzedzeniach i pomówieniach, a nie na argumentach merytorycznych mających oparcie w faktach. Sądzę, że opracowanie prof. Steina wpisuje się w cele naszego Stowarzyszenia.

Należy w tym miejscu przypomnieć, iż nadrzędnym celem Stowarzyszenia jest upowszechnianie rur i kształtek z tworzyw sztucznych jako przyjaznych człowiekowi wyrobów oraz upowszechnianie informacji na temat możliwości i zasad ich stosowania.

Cel ten realizujemy m. in. poprzez upowszechnianie wiedzy na temat naukowych, technicznych, ekonomicznych i organizacyjnych aspektów wspólnych dla całego przemysłu rur i kształtek z tworzyw sztucznych.

Maciej Kostański

Dyrektor Biura Zarządu PRiK

Toruń, 2014

Przedmowa do drugiego wydania polskiego

Mamy rok 2020, a poruszana w niniejszym opracowaniu problematyka jest nadal aktualna. Stowarzyszenie PRiK wraz z Firmami stowarzyszonymi podejmuje stałe wysiłki na rzecz popularyzacji tworzyw sztucznych w sieciach i instalacjach sanitarnych. Publikowane przez Główny Urząd Statystyczny (GUS) dane potwierdzają stale rosnący udział materiałów z tworzyw sztucznych w przemyśle budowlanym. Dzieję się tak między innymi dlatego, że zarówno wyroby budowlane z tworzyw sztucznych jak i sam surowiec podlega stałemu rozwojowi, aby spełniać rosnące oczekiwania Klientów oraz coraz bardziej rygorystyczne wymagania stawiane przez krajowe i europejskie uregulowania prawne i normatywne.

Oddając w Państwa ręce drugie wydanie niniejszego opracowania jesteśmy przekonani, że przyczyni się ono do lepszego zrozumienia tworzyw sztucznych i dalszego wzrostu ich znaczenia w gospodarce i przemyśle budowlanym.

Piotr Falkowski

Dyrektor Biura Stowarzyszenia

Toruń, 2020

1 Zestawienie znanych zastrzeżeń przeciwko PVC

Poniżej zebrano najczęściej wysuwane w stosunku do PVC zastrzeżenia, wynikające z ankiety przeprowadzonej przez Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner w roku 1999 w 29 gminach rozrzuconych geograficznie po całym terenie Republiki Federalnej Niemiec (patrz tabela 2).

Tabela 1: Liczba i wielkość uczestniczących gmin [1]

Wielkość gminy/liczba mieszkańców	Liczba ankietowanych gmin (odeślane formularze)
do 100.000	5
100.000 do 500.000	14
500.000 do 1.000.000	7
powyżej 1.000.000	3

Tabela 2: Zastrzeżenia przeciwko zastosowaniu PVC w budowie kanałów, przewodów i w ich renowacji [1]

Hasło	Zastrzeżenia
Surowce	Produkcja PVC powoduje marnotrawstwo zasobów ropy naftowej.
Produkcja	Podczas produkcji monomerowych produktów wyjściowych występują emisje związków chloru i rtęci. Stężenia chlorku winylu na stanowisku pracy szczególnie zagrażają zdrowiu.
Dodatki	Stabilizatory stanowią zagrożenie dla środowiska. Plastyfikatory odparowują i są rakotwórcze.
Zastosowanie	Przy zastosowaniu wyrobów końcowych może dojść do zagrożeń dla zdrowia.
Pożar	Podczas pożaru następuje szczególnie szybkie spalanie PVC i powstają przy tym toksyczne gazy pożarowe. Ponadto nakłady na usuwanie odpadów i na renowację w przypadku pożaru z udziałem PVC są szczególnie wysokie wskutek obecności wytwarzającego się kwasu solnego.

Usuwanie	Wyroby budowlane z PVC stwarzają trudności podczas ich usuwania na składowiskach. W ciągu 20-50 lat zasypie nas lawina odpadów.
Składowanie	Podczas składowania wyrobów z PVC następuje wypłukiwanie substancji toksycznych.
Usuwanie Spalanie	Podczas spalania w spalarniach duża zawartość PVC powoduje znaczny wzrost toksycznych emisji.
Usuwanie Recykling	PVC jest czynnikiem zakłócającym recykling.

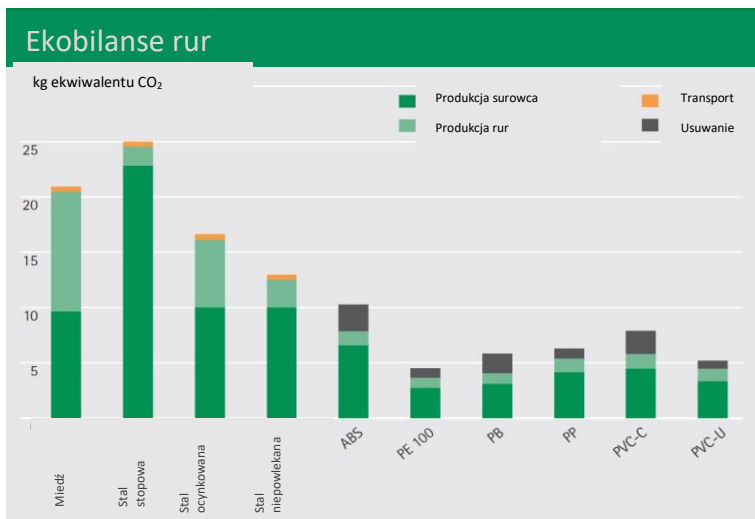
1.1 Stan informacji na temat PVC

Zebrane w tabeli 2 zastrzeżenia przeciwko PVC są nadal jeszcze aktualne. Zdumiewające jest, że PVC został częściowo odrzucony, chociaż surowce do produkcji PVC, a więc problematyka związana z chlorem, nie są wcale znane. Takie hasła, jak chlorek winylu, metale ciężkie i dioksyny są jeszcze dzisiaj głównymi argumentami przeciwko zastosowaniu PVC w renowacji kanałów. Zapomina się przy tym o zapoznaniu się z informacjami na temat stężenia substancji, wprowadzonych w przemyśle w licznych środkach zabezpieczających i o wyrobach konkurencyjnych.

Oczywiście do świadomości publicznej nie dotarła jeszcze informacja, że bardzo kontrowersyjne plastyfikatory [2], [3] już od lat nie wchodzi w skład rur z PVC – U (U oznacza unplasticized, tzn. niepoddane plastyfikacji). Z tego powodu rury z PVC stają się przedmiotem dyskusji również wtedy, gdy chodzi o wyroby zawierające plastyfikatory, chociaż aktualne normy i przepisy dotyczące rur i kształtek odnoszą się jednoznacznie do PVC – U pozbawionego plastyfikatorów, co przykładowo dokumentują poniżej wymienione normy:

- DIN 4262-1: Rury i kształtki do odwadniania podziemnego w budowie dróg komunikacyjnych i w budownictwie podziemnym – część 1: Rury, kształtki i ich połączenia z PVC – U, PP i PE, 2009-10
- DIN 8061: Obraz wyrobu – rury z pozbawionego plastyfikatorów polichloru winylu (PVC – U) – Ogólne wymagania jakościowe, badanie 2009-10
- DIN 8062: Obraz wyrobu – Rury z pozbawionego plastyfikatorów polichloru winylu (PVC – U) – Wymiary, 2009-10
- DIN 19534-3: Rury i kształtki z pozbawionego plastyfikatorów polichloru winylu (PVC – U) z kielichem wtykowym do kanałów i przewodów kanalizacyjnych - część 3: Nadzór jakości i wykonanie budowy
- DIN EN 1401-1: Rurociągi z tworzyw sztucznych do podziemnych, bezciśnieniowych kanałów i przewodów kanalizacyjnych – Pozbawiony plastyfikatorów polichlorek winylu (PVC – U) – część 1: Wymagania w stosunku do rur, kształtek i rurociągów; 2009-07

Rury i kształtki z PVC - U są stabilizowane przy użyciu Ca/Zn i na przykład eco-bau [4], platforma inwestorów publicznych na szczeblu federacji, kantonów i miast szwajcarskich, zalicza je do czołówki ekologicznych materiałów budowlanych. Do podobnej oceny (z wyłączeniem z porównania betonu i kamionki) dochodzi [5] (rys.1).



Rys. 1: Ekobilanse rur z tworzywa sztucznego (wyciąg z [5], [6])

Problematyka dioksyn jest dzisiaj traktowana przez naukę bardzo realistycznie i już nie jest postrzegana tak dramatycznie. Jednak debaty publiczne są wciąż jeszcze nacechowane emocjami. Brak wiedzy o wpływie dioksyn na człowieka i środowisko, wieloletnie, bez troskie postępowanie z tymi substancjami i ostatecznie poczucie zagrożenia po pierwszym, dużym wypadku z udziałem dioksyn w Seveso (1976), długo uniemożliwiały jakiegokolwiek rzeczowe dyskusje na ten temat.

Szczególnie naładowana emocjami, wskutek wypadku na lotnisku w Dusseldorfie (1996), była dyskusja na temat zachowania się PVC w przypadku pożaru. Chociaż według [7] raporty prokuratury i niezależnej komisji ekspertów do spraw badania konsekwencji pożaru na lotnisku w Dusseldorfie stwierdziły, że PVC nie odegrał żadnej specjalnej roli, w porównaniu z innymi materiałami, pod względem zagrożeń dla zdrowia i szkód rzeczowych, włącznie z konieczną renowacją, nie wspominając nawet, że nie był przyczyną wybuchu pożaru, do dzisiaj

nie zostały obalone uprzedzenia w stosunku do PVC. Jak potwierdziła to ankieta, deficyt informacji na temat PVC dotyczy również obszaru jego usuwania.

Doświadczenia wykazały, że decyzje o ograniczeniu zastosowania PVC wynikały najczęściej z braku informacji na temat aktualnego stanu wiedzy. Tam, gdzie odbyła się intensywna dyskusja na temat problematyki związanej z PVC, często doszło do zmian odpowiednich ograniczeń albo w ogóle ich nie wprowadzono. Przykładami są takie kraje związkowe jak Hesja, Meklemburgia – Przedpomorze, Turyngia, Dolna Saksonia, Berlin i Brema [8].

2 Ocena zastrzeżeń

2.1 Zastrzeżenie: podczas produkcji PVC trwoni się zasoby ropy naftowej

Czysty polichlorek winylu (PVC) składa się w 57% z chloru i jest produkowany w drodze polimeryzacji z monomerowego chlorku winylu. Produkcja chlorku winylu odbywa się albo przez addycję chlorowodoru do acetylenu albo przez rozszczepienie 1,2 dichloroetanu na chlorek winylu i chlorowodór. Tym samym produkcja PVC dzieli się na następujące etapy (p. tabela 3):

Tabela 3: Etapy produkcji PVC

Monomerowe produkty wyjściowe	Produkcja monomerów	Polimeryzacja
Chlor	Zintegrowane oksychlorowanie	Polimeryzacja w zawiesinie
Eten (Etylen)	Metoda z zastosowaniem acetylenu/etylenu	Polimeryzacja w emulsji
Acetylen		Polimeryzacja w masie

Istotnymi surowcami do produkcji PVC są chlor i eten (etylen). Źródłem chloru jest sól, z reguły sól kamienna albo morska. Sól jest surowcem występującym prawie bez żadnych ograniczeń na całym świecie. Tym samym chlor jest w naturze jednym z najbardziej rozpowszechnionych pierwiastków.

Nieoczyszczona ropa naftowa jest materiałem wyjściowym do produkcji etenu, który jest uzyskiwany w rafineriach podczas destylacji nieoczyszczonej ropy naftowej i następującego potem procesu petrochemicznego. Około 80% ropy naftowej jest spalane w celu

wytworzenia prądu i ciepła oraz do napędu naszych środków komunikacji. Chociaż ropa naftowa stanowi podstawowy surowiec do produkcji prawie wszystkich tworzyw sztucznych, ich udział w zapotrzebowaniu na ropę naftową wynosi jedynie 4%. Udział PVC wynosi przy tym znacznie poniżej 1%. W porównaniu z innymi tworzywami sztucznymi PVC ma tę zaletę, że tylko 43% masy produktu jest potrzebne do produkcji etylenu, co ma pozytywny wpływ na zużycie płynnych zasobów naturalnych [9].

2.2 **Zastrzeżenie:** podczas produkcji monomerowych produktów wyjściowych występują emisje chloru i rtęci

Produktami wyjściowymi do wytwarzania chloru jest kwas solny (HCl), chlorek potasu (KCl) i przede wszystkim chlorek sodu (NaCl), które w procesie elektrolizy ulegają rozkładowi na chlor i pozostałe produkty elektrolizy (ług sodowy i wodór). Około 97% chloru jest uzyskiwane przez elektrolizę wodnych roztworów chlorku sodu (elektroliza chloro-alkaliczna) [10]. Czołowa rola tej metody wynika również z prawie nieograniczonych zasobów chlorku sodu w postaci stałej (sól kamienna) w złożach soli i w postaci soli rozpuszczonej w morzach.

Elektrolizę chlorku sodu można przeprowadzać trzema metodami:

- metodą amalgamatową (zwaną również rtęciową),
- metodą przeponową,
- metodą membranową.

Te trzy wymienione metody różnią się jedynie rodzajem i zasadą działania przegrody, oddzielającej produkt wytwarzany na anodzie - chlor - od produktów wytwarzanych na katodzie - ług sodowy i wodór: metoda amalgamatowa albo rtęciowa, z nieprzepuszczalną, płynną

przeponą, metoda przeponowa z przeponą przepuszczalną i metoda membranowa z hydraulicznie nieprzepuszczalną membraną, przepuszczającą selektywne jony. Zwłaszcza ta ostatnia metoda charakteryzuje się, w porównaniu z metodą amalgamatową, wyraźnie mniejszym nakładem energii i mniejszym zanieczyszczeniem środowiska [9].

Standardem była przez długi czas metoda amalgamatowa, która dzięki zastosowaniu i emisji rtęci umożliwiała proces elektrolizy. Obecnie metoda ta jest zastępowana przez bardziej neutralną dla środowiska i energooszczędną metodę membranową. Na całym świecie następuje odwrót od metody amalgamatowej, również w Niemczech, co potwierdzają wskaźniki produkcji PVC w Niemczech w roku 2003 [11]. Z około 4,4 mln ton wyprodukowanego chloru:

- 1,2 miliona ton (27 %) pochodziło z metody amalgamatowej,
- 1,0 miliona ton (23 %) pochodziło z metody przeponowej,
- 2,2 miliona ton chloru (50 %) pochodziło z metody membranowej [9].

Według informacji Bundesumweltamt (Federalnego Urzędu Środowiska) [12] optymalizacja procesów produkcyjnych i przejście na metodę membranową pozwoliło na zmniejszenie całkowitej emisji rtęci w Europie Zachodniej o około 90% w okresie od roku 1984 do roku 2004, a w Niemczech o prawie 99% w okresie od roku 1972 do roku 2003.

2.2.1 Zastrzeżenie: stężenia chlorku winylu na stanowisku pracy są szczególnie groźne dla zdrowia

Materiałem wyjściowym do produkcji polichlorku winylu jest monomerowy chlorek winylu, gaz przybierający postać stałą dopiero wskutek polimeryzacji, składający się z długich łańcuchów molekuł. Monomerowy chlorek winylu (VCM) ma wzór strukturalny (C_2H_3Cl). Powstający przy produkcji PVC chlorek winylu był przez lata uważany za nieszkodliwą substancję i był nawet używany w medycynie, jako środek anestezjologiczny [13]. Dopiero z początkiem lat siedemdziesiątych ustalono, że duże stężenia we wdychanym powietrzu działają rakotwórczo przy długotrwałej ekspozycji.

Przemysł zareagował przez:

- zwiększone zastosowanie sprzętu ochrony dróg oddechowych,
- lepszą wentylację nawiewną i wywiewną,
- urządzenia do odsysania i uszczelniania,
- zastosowanie automatycznego oczyszczania,
- przebudowę istniejących urządzeń,
- wymianę armatury i elementów uszczelniających [13].

W roku 1999 Rada Ministrów UE podjęła decyzję o objęciu monomerów chlorku winylu (VC) dyrektywą w sprawie zapobiegania ryzyku zawodowemu i jego kontroli (90/394/EEL) oraz ustaliła maksymalnie dopuszczalną wartość na stanowisku pracy w wysokości 3 ppm. Od tego czasu w przemyśle chemicznym na całym świecie wprowadzono bardzo surowe środki bezpieczeństwa. Liczne środki z dziedziny higieny pracy i technologii, wraz z uregulowaniami ustawowymi doprowadziły według [14], [9] do tego, że chlorek winylu już od wielu lat nie stanowi żadnego szczególnego ryzyka.

Już od dłuższego czasu chlorek winylu jest stosowany w przemyśle tylko w zamkniętych układach, dzięki czemu można wykluczyć zagrożenie dla pracowników. Od 1977 roku nie występują już nowe zachorowania na obserwowany od początku lat siedemdziesiątych naczyniakomięsak wątroby [14], [9].

2.2.2 Zastrzeżenie: stabilizatory stanowią zagrożenie dla środowiska

PVC nigdy nie jest przetwarzany w czystej postaci. Wprawdzie w procesie polimeryzacji nabywa on określonych właściwości, ale dopiero duża liczba substancji dodatkowych umożliwia dostosowanie właściwości PVC do przewidzianego zastosowania.

Dodatki stosowane w produkcji PVC służą do poprawy właściwości fizycznych, jak odporność na temperaturę, światło i warunki atmosferyczne, ciągliwość, elastyczność i przezroczystość, ale również do poprawy zdolności przetwórczych. Zaliczają się do nich środki przeciwstarzeniowe, zabezpieczające przed działaniem ciepła, stabilizatory UV, antyoksydanty, barwniki (pigmenty), środki ogniochronne, poślizgowe i napelniacze. W twardym PVC udział dodatków wynosi 10-25%. Przed przetworzeniem dodatki zostają równomiernie rozprowadzone w surowym PVC, przez mieszanie, aglomerację i granulację.[10].

Zastosowanie stabilizatorów jest specyficzne dla PVC-U, inne dodatki stosuje się również w produkcji innych tworzyw sztucznych. Ciepło, promieniowanie UV, tlen atmosferyczny oraz wilgoć działają szkodliwie na polimery, co powoduje rozpad łańcucha i w związku z tym pogorszenie właściwości mechanicznych. Z tego powodu oraz w celu

umożliwienia obróbki PVC w temperaturze około 180°C, konieczne jest dodawanie stabilizatorów do surowego PVC. Zapobiegają one odszczepianiu chlorowodoru lub opóźniają je [15]. Głównie stosowane są związki ołowiu, wapnia/cynku, cyny i w bardzo niewielkim zakresie kadmu [9], [10], [16].

Przy produkcji rur już od wielu lat zrezygnowano ze stabilizatorów zawierających kadm. Również zastosowanie stabilizatorów zawierających ołów zostaje coraz bardziej ograniczone przez dobór odpowiednich receptur lub substytucję. Ołów występuje w rurach w postaci trudno rozpuszczalnego związku, w związku z tym w rurach z PVC – U, stosowanych do budowy rurociągów do wody pitnej, dopuszczalna zawartość jest o wiele niższa od ustanowionych wartości granicznych. Rozpoczęta już substytucja stabilizatorów zawierających ołów przez stabilizatory zawierające wapń, cynk lub również cynę ulegnie w przyszłości jeszcze większemu nasileniu. W UE przewiduje się całkowite wycofanie ołowiu do roku 2015 [17]. Alternatywą są dla wielu branż systemy na bazie wapnia i cynku albo systemy mieszane [9].

2.2.3 Zastrzeżenie: plastyfikatory odparowują i są rakotwórcze

Plastyfikatory zalicza się faktycznie do substancji powodujących uszkodzenie płodu i szkodliwych dla płodności. W kręgu podejrzeń o powodowanie uszkodzeń wątroby i nerek oraz o działanie rakotwórcze znajduje się również kilka ftalanów. Jako tzw. plastyfikatory zewnętrzne nie tworzą one z tworzywem sztucznym związków chemicznych i można je względnie łatwo ponownie wylugować z tworzywa sztucznego, bądź następuje ich stopniowa migracja [18].

Przy renowacji kanałów stosuje się technologię spiralnego zwijania rur na bazie PVC. Również w tym przypadku nastąpiło przejście z PVC na PVC – U, to znaczy wyeliminowano plastyfikatory i tym samym nie istnieją potencjalne źródła zagrożenia stwarzanego przez plastyfikatory.

2.2.4 Zastrzeżenie: podczas przetwarzania produktów końcowych może dojść do zagrożenia zdrowia

Zdaniem niemieckiego UBA (Federalny Urząd Środowiska) emisje chlorku winylu w przypadku produktów końcowych zawierających PVC nie mają znaczenia. Dzięki ich stałemu związaniu w matrycy polimerowej również stabilizatory nie stwarzają żadnego zagrożenia, to znaczy nie ulegają uwolnieniu. Podejrzenie o emisje szkodliwe dla zdrowia jest skierowane jedynie w stronę plastyfikatorów. Rury z PVC – U nie zawierają żadnych plastyfikatorów.

2.2.5 Zastrzeżenie: podczas pożaru następuje szczególnie szybkie spalanie PVC, z którego powstają toksyczne gazy pożarowe. Ponadto nakład na usuwanie i renowację w przypadku pożarów z udziałem PVC jest szczególnie wysoki wskutek powstającego kwasu solnego.

Jedno z pierwszych opublikowanych badań na temat reakcji rur na ogień opiera się na badaniach *American Concrete Pipe Association* (ACPA), z roku 1982 [20]. Przeprowadziło one laboratoryjne badanie pożaru w warunkach znormalizowanych według normy ANSI/ASTM E 84 [21], przy ciągłym działaniu płomienia, badaniom poddano rozprzestrzenianie się płomienia („Flamespread Value”) i wytwarzanie dymu („Smoke Density Factor”) ze spalania odcinków półskorup uzyskanych z rur, o długości około 1,22 m (4 stopy). Rury były wykonane z ośmiu różnych materiałów [22].

Do klasyfikacji przyporządkowania „Flamespread Value” i „Smoke Density Factor” w badaniach pożarowych użyto wartości referencyjnej płyty

azbestowo – cementowej (wartość referencyjna 0) oraz wartości referencyjnej desek podłogowych z dębu czerwonego (wartość referencyjna 100) [22].

Potencjał pożarowy każdego materiału rur był dodatkowo przyporządkowany (sklasyfikowany) do klas ognioodporności według NFPA nr 101 [23], zgodnie z „National Fire Protection Association” (NFPA), odpowiednio do jego reakcji na ogień podczas pożaru budynków (tabela 4) [22].

Tabela 3: Klasy ognioodporności w zależności od rozprzestrzeniania się płomienia (Flamespread Value) i wytwarzania dymu (Smoke Density Factor), według NFPA nr 101 [23]

Klasa ognioodporności	Flamespread Value	Smoke Density Factor
A	0 do 25	0 do 450
B	26 do 75	0 do 450
C	76 do 200	0 do 450

Stwierdzono między innymi, że w przypadku żelbetu wystąpiło tylko niewielkie zaczernienie powierzchni rur (bez zapłonu albo rozprzestrzeniania się dymu) i nie wystąpiły żadne uszkodzenia (np. odpryski spowodowane działaniem wysokiej temperatury). W związku z tym zostały one zaklasyfikowane do klasy ognioodporności A według NFPA nr 101 [23] i [22].

Dwie z pośród badanych próbek PVC zapaliły się i uległy w krótkim czasie całkowitemu zniszczeniu, przy czym jednak stopień rozprzestrzeniania się płomienia i dymienia pozostawał w obszarze dopuszczalnym, w związku z czym, materiał ten również został zaklasyfikowany do klasy ognioodporności A [22].

Próbka polietylenowa uległa całkowitemu spaleniowi i spowodowała tak duże dymienie, że zostały przekroczone dopuszczalne wartości NFPA („National Fire Protection Association”) [22].

W Republice Federalnej Niemiec reakcja materiałów budowlanych i elementów budowlanych na ogień jest uregulowana w DIN 4102 [24]. Dzieli się w niej materiały budowlane na klasę materiałów budowlanych niepalnych A i na klasę materiałów budowlanych palnych B. Klasa B dzieli się na trzy podklasy:

- Materiały budowlane trudnozapalne (B1) są zasadniczo palne, jednak po zgaszaniu płomienia nie mogą się samoczynnie palić dalej;
- Materiały budowlane normalnie zapalne (B2) ulegają zapaleniu przez źródła zapłonu i palą się – zależnie od warunków otoczenia – samodzielnie dalej;
- Materiały budowlane łatwo zapalne (B3) spalają się gwałtownie. Ulegają zapaleniu już przez małe źródła zapłonu i palą się dalej bez dalszego doprowadzenia ciepła, ze wzrastającą prędkością. Stanowią one wysokie ryzyko pożaru [24].

Rury i kształtki z PVC – U są zaklasyfikowane według DIN 19531 [25] do klasy materiałów budowlanych B1, a PVC – U jest zaliczony według DIN 8061 [26] do klasy materiałów budowlanych B2 [9].

Poniżej objaśnia się reakcję PVC na ogień, chociaż ten temat rzadko ma znaczenie dla przewodów i kanałów kanalizacyjnych układanych w gruncie. Odnośny przykład pożaru jest opisany w [27].

W celu obiektywnej oceny reakcji materiału na ogień należy uwzględnić wiele parametrów. W przeciwieństwie do innych tworzyw sztucznych PVC jest trudno zapalny, ponieważ w celu uzyskania tej właściwości potrzebne są dodatki w postaci środków ogniochronnych. 57% zawartość chloru w PVC stanowi wewnętrzny środek ogniochronny, wskutek czego PVC posiada wyższą temperaturę zapłonu, w przedziale od 330° do 400°C, niż większość innych tworzyw sztucznych. Według [9] zastosowanie PVC nie zwiększa ryzyka pożaru w porównaniu z innymi tworzywami sztucznymi.

Wadą produktów z PVC jest wytwarzanie podczas pożaru żrących i korozyjnych emisji chlorowodoru. U ludzi może to prowadzić do poważnych poparzeń dróg oddechowych i śluzówek. Jeżeli w związku z innymi tworzywami sztucznymi można mówić o zalecie, to polega ona na tym, że nawet przy bezpiecznych stężeniach HCl jego obecność jest wyczuwalna dla ludzi na skutek działania drażniącego na śluzówki, zaś żrące działanie chloru wywołuje natychmiastową reakcję ucieczkową. To „zauważalne” działanie stoi w przeciwieństwie do innych powstających w ognisku pożaru bezwonnych i zagrażających życiu gazów pożarowych. Poza tym podczas spalania mogą

powstawać zawierające chlor związki organiczne PCDD/PCDF (polichlorowana dibenzodioksyna i dibenzofuran) [28]. Według Funkego [29] Gesellschaft für Arbeitsplatz- und Umweltanalytik (GfA) (Towarzystwo Analizy Stanowisk Pracy i Środowiska) poddało badaniom ponad 200 próbek z pożarów, w których pewną rolę odgrywały tworzywa sztuczne chloroorganiczne, przede wszystkim PVC. W ponad 90% wszystkich próbek wykryto PCDD i PCDF [28].

W przypadku pożaru z udziałem PVC krytyczny jest kontakt chlorowodoru z wodą gaśniczą, który powoduje wytworzenie się kwasu solnego i powstanie szkód korozyjnych w budynku. Jednak znaczenie tego efektu w porównaniu z dominującymi zniszczeniami spowodowanymi przez wysoką temperaturę pożaru pozostaje w każdym przypadku do indywidualnej oceny. Renowacje miejsc pożaru, niezależnie od występowania, albo niewystępowania PVC, należy przeprowadzić starannie, według aktualnego stanu techniki. W przypadku pożaru występują temperatury znacznie przekraczające 1000°C. To ekstremalne obciążenie temperaturą jest główną przyczyną nienaprawialnych uszkodzeń budynków.

W ostygniętych pogorzeliskach główne zagrożenie dla zdrowia stwarza sadza, policykliczne węglowodory aromatyczne (PAK), bifenyle polichlorowane (PCB) i dioksyny. Powstające związki stałe są jednak związane z sadzą powstałą w wyniku pożaru i z tego powodu wykazują tylko niewielką mobilność. Jeżeli nawet podczas pożaru i po jego zakończeniu należy zakładać istnienie ryzyka wchłonięcia dioksyn przez wdychanie sadzy, jak dotąd nie stwierdzono zwiększonej zawartości dioksan we krwi nawet u strażaków, którzy w przypadku pożarów należą do grupy poddanej najwyższej ekspozycji [30], [31], [9].

2.2.6 Zastrzeżenie: wyroby budowlane z PVC stwarzają problemy podczas usuwania na składowiskach wskutek wypłukiwania z nich substancji toksycznych

Ponieważ PVC nadaje się dobrze do recyklingu, więc rury z PVC nie powinny być przekazywane na składowiska, ale wykorzystywane,

jako surowiec wtórny. W Republice Federalnej Niemiec od 2005 roku przepisy zabraniają przekazywania na składowiska materiałów nadających się do wykorzystania energetycznego, do których zalicza się również PVC. Od 1994 roku został utworzony system zbiórki i ponownego wykorzystania rur PVC. Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V. (Wspólnota Robocza PVC i Środowisko stow. zarej.) opracowała listę wszystkich zakładów przetwórczych w Niemczech. Dzięki systemowi zbiórki, zorganizowanemu przez Kunststoffrohrverband e.V. (KRV) (Związek Rur z Tworzyw Sztucznych) we współpracy z posiadającymi certyfikat specjalistycznymi zakładami, zapewniono i udokumentowano system zbiórki, obróbki i wykorzystania wszystkich odpadów pochodzących z rur z tworzyw sztucznych [32], [33]. Odpady rur są sortowane, oczyszczane i rozdrabniane. Rozdrobnione tworzywo sztuczne jest ponownie wykorzystywane w przemyśle tworzyw sztucznych, w związku z czym, PVC spalane w spalarniach śmieci (MVA) z reguły nie pochodzi z branży budowy kanałów.

Wykorzystanie istniejącego potencjału przetwórczego zależy jednak od szczegółowych informacji, jak również od gotowości pokrycia kosztów przerobu przy zakupie wyrobu. Wskutek długiej trwałości wyrobów z PVC stosowanych w budownictwie, występująca aktualnie ilość odpadów w stosunku do wielkości produkcji jest bardzo mała.

Składowane odpady z wyrobów z PVC zasadniczo nie ulegają rozkładowi i zachowują się w znacznym stopniu neutralnie w stosunku do powietrza, gleby i wody. Makromolekuły w PVC nie ulegają rozkładowi przez mikroorganizmy. Inaczej sprawa wygląda z plastifikatorami, które nie występują w rurach z PVC – U. Nie zachodzi depolimeryzacja, to znaczy rozkład makromolekularnego polichloru winylu na toksyczny, monomeryowy chlorek winylu. Z PVC nie mogą również ująć duże ilości chloru, ponieważ są one trwale związane w jego strukturze. Trudno ocenić możliwość wyfukania czysto fizycznie osadzonych stabilizatorów pod wpływem składników zawartych w odciekach wysypiskowych, ponieważ składniki tych odcieków są trudne do określenia. Badania wykazały, że wyfukiwanie, jeżeli w ogóle zachodzi, dotyczy cząstek osadzonych na powierzchni. W porównaniu z

innymi, znajdującymi się na wysypisku odpadami, ryzyko stwarzane przez szkodliwe substancje zawarte w PVC jest znikome.

2.2.7 **Zastrzeżenie:** spalanie odpadów zawierających PVC w spalarniach śmieci powoduje znaczne zwiększenie toksycznych emisji

Ze względu na wprowadzony system zbiórki dla rur z tworzyw sztucznych (patrz rozdział 2.2.6), odpady zawierające PVC w spalarniach śmieci (MVA) z reguły nie pochodzą z branży budowy kanałów.

Spalarnie odpadów, w których zachodzi termiczne wykorzystanie odpadów PVC, są wyposażone w nowoczesne układy obróbki gazów spalinyowych, dzięki czemu powstające substancje szkodliwe mogą zostać oddzielone. Udział PVC w zanieczyszczeniu metalami ciężkimi jest dzisiaj nieznaczny, ponieważ praktycznie nie używa się już kadmu jako stabilizatora. Zawarte w śmieciach metale ciężkie, w większości nie pochodzące z PVC, ulegają podczas spalania częściowo migracji i dostają się do strumienia gazów spalinowych. Wraz z innymi cząstkami pyłów zostają one jednak w 99% zatrzymane w urządzeniach odpylających. Stosowane w UE spalarnie odpadów (MVA) stanowią, według Vehlowa [24], źródło dioksyn. Kwas solny i metale ciężkie nie powodują żadnych problemów również przy spalaniu. Pomiarów wykonane w centrum badawczym w Karlsruhe [35] wykazały w przypadku obu tych substancji stopień oddzielania w wysokości 99% [9].

Ze względu na zawartość chloru i wskutek tego mniejszy udział węgla i niższą wartość opałową, ilość energii uzyskanej z PVC jest z jednej strony niższa, a z drugiej strony przy spalaniu powstaje chlorowodór, który w płuczkach przekształca się w kwas solny, następuje uwolnienie zastosowanych stabilizatorów i powstanie dioksyn. Ponieważ niezależnie od PVC nie można wykluczyć obecności halogenów (chlor albo fluor), każda spalarnia ma dzisiaj obowiązek posiadania wielostopniowych płuczek i filtrów dioksyn.

Koszty oczyszczania powietrza odlotowego nie zależą w istotnym stopniu od PVC. Kwas solny, powstający w płuczkach

z chlorowodoru, przechodzi do medium stosowanego w płuczkach i nie stanowi dodatkowego zagrożenia.

Koszty spalania tworzyw sztucznych w spalarniach wynoszą według Kirrmana [36] od 260 do 400 euro za tonę. Koszt ten w przypadku PVC – U, wynoszący według Kirrmana [36] 340 euro za tonę, jest średnim kosztem wśród zbadanych materiałów. Tym samym nie potwierdziły się często podawane, ponadprzeciętnie wysokie koszty spalania odpadów z PVC. Wyliminowanie PVC nie spowodowałoby zatem zmniejszenia kosztów obróbki pozostałych odpadów[9].

2.2.8 **Zastrzeżenie:** PVC zakłóca proces recyklingu

Pojęcie “recycling” trzeba traktować w sposób bardzo zróżnicowany. Odpady z PVC powstają podczas produkcji, ale również po fazie użytkowania.

Recykling zakładowy jest dzisiaj już w bardzo dużym stopniu zoptymalizowany. Nowoczesne technologie pozwalają na utrzymywanie liczby odpadów na niskim poziomie we wszystkich stadiach produkcji PVC. Odpady produkcyjne zostają wprowadzone ponownie bezpośrednio do procesu produkcyjnego i w ogóle nie są kierowane do strumienia odpadów. Recykling materiałowy został znacznie rozbudowany pod kierunkiem Gütegemeinschaft Kunststoffrohre (Wspólnota Jakości Rur z Tworzyw Sztucznych). W 1994 roku został wprowadzony przez KRV system zbiórki i ponownego przetworu (patrz rozdział 2.2.6). Zmniejszyła się liczba odpadów oraz wszystkich zdemontowanych rur z tworzyw sztucznych. Pojemniki na odpady zostały bezpłatnie udostępnione sprzedawcom. Zebrane odpady stosuje się między innymi do produkcji rur osłonowych kabli albo rur bezciśnieniowych.

Dla potrzeb silnie zanieczyszczonych odpadów z PVC albo materiałów zmieszanych opracowano recykling surowcowy, w którym makromolekuły odpadów z tworzyw sztucznych zostają poddane rozkładowi za pomocą metod chemicznych lub termicznych na mniejsze jednostki, aż do monomerów i zostają odzyskane. Komponenty te mogą zostać następnie ponownie przekazane, (jako surowce wtórne), do przemysłu chemicznego.

Z reguły przy wykorzystaniu surowcowym odpadów z PVC następuje odzysk chloru przez dechlorowanie i następnie wprowadzenie na rynek w postaci kwasu solnego albo chlorku sodu lub wprowadzenie do cyklu produkcyjnego chlorku winylu. W zależności od technologii, komponenty organiczne mogą zostać wyprowadzone jako monomer albo przetworzone na gaz syntezowy [18].

Oprócz tego istnieją technologie chemiczne, w których odpady z PVC są rozdzielane na składniki rozpuszczalne i nierozpuszczalne. Zastosowany rozpuszczalnik jest odzyskiwany w tej technologii i używany ponownie (wtórny przerób). Technologia ta nie ma jednak znaczenia dla rur i kształtek z PVC – U, jest ona przeznaczona zwłaszcza do tworzyw złożonych i zmieszanych odpadów z PVC [18].

3 Podsumowanie

PVC stanowi w przemyśle budowlanym nieodzowny składnik palety materiałów. W ramach renowacji kanałów materiał ten stosuje się jako PVC –U (bez plastifikatorów) w formie kształtek i wstępnie prefabrykowanych albo zwijanych rur. Właściwości materiałowe PVC – U wykazują zalety zwłaszcza przy zastosowaniu do renowacji kanałów i przewodów ściekowych, ponieważ umożliwiają one zgrzewanie na zimno (ważne dla szczelności) i sklekanie (istotne przy łączeniu ze studzienkami i podłączaniu dopływów). Ponadto PVC – U wykazuje dobrą odporność na temperaturę i niewielką wydłużalność cieplną. Zarówno sam materiał jak i wyroby końcowe są znormalizowane w normach europejskich i niemieckich oraz w zbiorach przepisów (DIN EN i DWA) i tym samym są dopuszczone na potrzeby określonych zastosowań.

Nadal istnieją wątpliwości odnośnie do zastosowania PVC w renowacji kanałów. Ich uzasadnienie zostało sprawdzone na zlecenie Geiger Kanaltechnik GmbH & Co. KG w niniejszych studiach literaturowych, przy uwzględnieniu najczęstszych argumentów przeciwnych.

W rezultacie można stwierdzić, że biorąc pod uwagę aktualne technologie produkcyjne i recyklingowe wątpliwości w stosunku do PVC – U można w istocie traktować jako wyolbrzymione. Ten stan rzeczy doprowadził w wielu niemieckich krajach związkowych do zniesienia wcześniejszych ograniczeń i zakazów zastosowania lub zapobiegł ich wprowadzeniu.

Przepis administracyjny w Berlinie stanowi, że zastosowanie PVC jest dopuszczalne, gdy:

- udowodnione jest stabilizowanie materiału bez użycia ołowiu i kadmu,
- wyroby posiadają oznaczenie, w celu kontroli wymaganych właściwości wyrobu,
- dana branża zadeklarowała, że zobowiązuje się dokonywać odbioru zużytych produktów [37].

Powyższe wywody potwierdzają, że wymagania te mogą zostać spełnione przez używane do renowacji wyroby z PVC – U.

Jednak również PVC nie jest materiałem uniwersalnym, posiada zalety eksploatacyjne, ale i ograniczenia w zastosowaniu. Te ostatnie wynikają zwłaszcza z reakcji na ogień, wskutek czego rury i kształtki z PVC – U, jak również z innych tworzyw sztucznych, nie mogą być stosowane bez zastrzeżeń w obszarach zagrożonych pożarem.

Wybór odpowiedniego materiału do renowacji przewodów i kanałów ściekowych powinien zostać dokonany przynajmniej na podstawie porównawczego rozważenia poniższych kryteriów:

- Koszty układania i instalacji
- Warunki układania
- Warunki eksploatacyjne
- Przepustowość rur
- Aspekty środowiskowe

W przypadku PVC – U istotne jest stosowanie na całym świecie podanych w niniejszym artykule aktualnych norm odnoszących się do produkcji i składu PVC – U, dzięki czemu rozpoznane już tutaj problemy nie pojawią się ponownie w innych krajach. Z tego powodu przy wyborze PVC – U konieczne powinno być ustalenie kraju produkcji i zastosowanych norm.

Literatura

- [1] Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH: Badanie akceptacji PVC w technice ściekowej przy szczególnym uwzględnieniu zastosowania PVC w metodach renowacji za pomocą rur zwijanych (Rib-Loc z wypełnieniem przestrzeni pierścieniowej albo bez wypełnienia, 1999 (nieopublikowane)
- [2] Plastyfikatory DEHP: codzienne wchłanianie wyższe niż zakładane? Stanowisko Bundes Institut für Risikobewertung (BfR) (Federalny Instytut Oceny Ryzyka) z 23 lipca 2003
- [3] Ftalany – pożyteczne plastyfikatory o niepożądanych właściwościach. Umwelt Bundesamt (Federalny Urząd Środowiska), luty 2007
- [4] Platforma szwajcarskich inwestorów publicznych na szczeblu federalnym, kantonalnym i miejskim, z zaleceniami na temat przyszłościowego planowania, budowania i eksploataowania budynków i obiektów;
www.eco-bau.ch/index.cfm?Nav=11
- [5] S. Busser i R. Frischknecht: Bilanse ekonomiczne rur – porównanie rur z różnych materiałów w technice domowej, zasilaniu i przemyśle, ESU-service Ltd., na zlecenie Georg Fischer Piping Systems, 2008
- [6] Impulse, Das Magazin des Kunststoffrohrverbandes 01.2013
- [7] 10 lat później – pożar lotniska w Düsseldorfie, Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V. (Wspólnota Robocza PVC i Środowisko, stow.zarej.)
(<http://www.pvcrecyclingfinder.com/pvc-recycling-news/einzelansicht/artikel/10-jahre-dan.html>)
- [8] PVC – przyszłościowe tworzywo sztuczne o nowych perspektywach, Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V., (Wspólnota Roboczy PVC i Środowisko, stow.zarej.) 08.2007

- [9] PVC dzisiaj. Aktualna sytuacja twardego PVC w istotnych obszarach tematycznych, Institut für industrielle Ökologie (Instytut Ekologii i Przemysłowej), 09.2007
- [10] Kollmann, H.; i inni: Przepływy materiałowe i emisje spowodowane produkcją, zastosowaniem i usuwaniem PVC, tom I, wersja skrócona, Forschungszentrum Julien GmbH, JÜL-Spez. 543, lipiec 1990
- [11] Rothert, A.: Pozycje do chemii i chloru – artykuł internetowy VCI; 11.2005
- [12] Umweltbundesamt (Federalny Urząd Środowiska) Berlin: National Focal Point – IP; Zintegrowane unikanie i zmniejszanie zanieczyszczenia środowiska (IVU), dokument referencyjny o najlepszych dostępnych technikach w przemyśle chloroalkaicznym; 12.2001
- [13] Daunderer: Chlorek winylu ffl-2.3, Klinische Toxikologie-61. Erg.-Lfg. 12/90
- [14] Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt (Wspólnota Robocza PVC i środowisko): ważne informacje o PVC, 08.2005
- [15] Brahms, E.; i inni: Papier – tworzywo – opakowanie. Analiza ilości substancji szkodliwych, raporty 1/1989. Wydawca: Umweltbundesamt (Federalny Urząd Środowiska), Erich Schmidt Verlag, Berlin 1989
- [16] UBA-DE, Fraunhofer Institut, Ökopool; Poradnik stosowania materiałów nieszkodliwych dla środowiska; luty 2003
- [17] Fraunhofer Institut ICT; Studia technologiczne nad przerobem poli-chloru winylu (PVC); Pfinztal, maj 2005
- [18] BBU GMBH: Ekspertyza na temat oceny usuwania zanieczyszczonych odpadów PVC, wykonana na zlecenie Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (Ministerstwo Rolnictwa, Środowiska i Obszarów Wiejskich) kraju związkowego Szlezwik-Holsztyn, 06.2007
- [19] UBA DE; (Niemiecki Federalny Urząd Środowiska); substytucja materiałów PBT* w produktach i procesach, poradnik stosowania nieszkodliwych dla środowiska materiałów dla producentów i

zakładów stosujących wyroby chemiczne istotne dla jakości wód;
część 5; Berlin, 02.2003

- [20] American Concrete Pipe Association (Hrsg.): Buried Facts – Fire in Sewers and Culverts. No. 02-201, Vienna (Virginia), May 1982.
- [21] ANSI/ASTM Standard E 84: Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials” (Volume 04.07, 2001).
- [22] Ekspertyza częściowa “Reakcja na ciepło”. Poradnik doboru materiałów rur na komunalne instalacje kanalizacyjne, Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH, 12.2004
- [23] NFPA No. 101: Life Safety Code. National Fire Protection Association (NFPA) (Hrsg.), Ausgabe 2003.
- [24] DIN 4102: Reakcja na ogień materiałów budowlanych i części budowlanych, część 1: materiały, terminologia, wymagania badania, Beuth-Verlag GmbH, 05.1998
- [25] DIN 19531-10: Rury i kształtki z polichlorku winylu pozbawionego plastifikatorów (PVC-U) na przewody kanalizacyjne w budynkach - część 10: Reakcja na ogień, nadzór i wskazówki instalacyjne, Beuth-Verlag GmbH, 12.1999
- [26] DIN 8061: Rury z polichlorku winylu pozbawionego plastifikatorów (PVC-U) – ogólne wymagania jakościowe, badania, Beuth-Verlag GmbH, 10.2009
- [27] Pożar rury kanalizacyjnej oczywistą przyczyną toksycznej chmury w Lüdenscheid, WAZ, 08.04.2013, godzina 10:21, <http://www.derwesten.de/staedte/nachrichten-aus-luedenscheid-halver-und-schalksmuehle/kanalrohr-brand-offenbar-die-ursache-fuer-giftige-rauchwolke-in-luedenscheid-id7811657.html#plx321109217>
- [28] D. Hohmann: Istotne dla środowiska i pomagające w doborze materiałów kryteria decyzyjne przy zastosowaniu PVC albo tworzyw alternatywnych w kanalizacji, Institut Für Konstruktiven Ingenieurbau Arbeitsgruppe Leitungsbau Und Leitungsinstandhaltung, Prof. Dr.-Ing. D. Stein, Bochum, 1992
- [29] Funke, W. i inni: Polichlorowane dibenzofurany (PCDF) i polichlorowane dibenzo-p-dioksyny (PCDD) w pozostałościach i emisjach

spowodowanych przez pożar materiałów zawierających PVC.
Staub-Reinhaltung der Luft 48(1988)

- [30] Ruhr-Universität w Bochum i Heinrich-Heine-Universität w Düsseldorfie na zlecenie Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales (Ministerstwo Pracy, Zdrowia i Spraw Socjalnych) kraju Nadrenii – Westfalii: Badania strażaków metodami medycyny środowiskowej; 1993
- [31] Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (Ministerstwo Środowiska, Gospodarki Przestrzennej i Rolnictwa) kraju Nadrenii-Westfalii; dokumentacja wielkiego pożaru w Lengerich; 1994
- [32] www.aktion-pvc-recycling.de → system recyklingu KRV stow.zarej.
- [33] Ullmann, K.; Sprawdzony i nowoczesny materiał
- [34] Vehlow J.; Waste combustion and the dioxin issue; Korean Institute of Science and Technology (KIST); Europe Environmental Technology Workshop; Saarbrücken 1997
- [35] dr. H.-R. Paur; Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Technische Chemie (Centrum Badawcze Karlsruhe, Instytut Chemii Technicznej), Multifunctional Scrubber for Incineration Plants; Simultaneous Removal of Mercury, Submicron Particles, and Dioxins
- [36] Kirrman; Incineration of PVC and other products in MSW; 11.2000
- [37] Przepis administracyjny w sprawie dostosowania wymagań ochrony środowiska przy zamawianiu dostaw, usług budowlanych i usług innego rodzaju (przepis administracyjny na temat zamówień i ochrony środowiska – VwVBU), SenStadtUM IX B 22, Berlin, 23. października 2012 r.



**Polskie Stowarzyszenie Producentów
Rur i Kształtek z Tworzyw Sztucznych**
87-100 Toruń, ul. Szosa Chełmińska 30
tel./fax (+48) 56-659-11-34, biuro@prik.pl



CZŁONKOWIE STOWARZYSZENIA

