

ПОЛИХЛОРИРАНИ БИФЕНИЛИ (ПХБ) В СТРОИТЕЛНИТЕ МАТЕРИАЛИ – РАЗПРОСТРАНЕНИЕ И РИСКОВЕ ЗА ЧОВЕШКОТО ЗДРАВЕ

Яна Кънчева¹, Румяна Захариева²

POLYCHLORINATED BIPHENYLS (PCBs) IN CONSTRUCTION MATERIALS – DISTRIBUTION AND RISKS FOR HUMAN HEALTH

Yana Kancheva, Roumiana Zaharieva

Abstract:

Polychlorinated biphenyls (PCBs) are persistent organic contaminants that possess toxic properties. The increasing interest towards the toxicological parameters of buildings and construction materials on international scale is a result on one side from the striving to achieve a healthy architectural environment, and, on the other side – from ensuring the sage closing of the loop for the construction materials (in accordance with the concepts for circular economy and sustainable construction).

PCBs have been widely used for more than 50 years all over the world as additives for oils in electrical equipment as well as in materials (incl. for construction) for which improved chemical stability is required in terms of durable use. Due to their high toxicity for human health and environment, the use of PCBs is prohibited by the Stockholm convention (2001) and, in Bulgaria, there is a ban for PCBs since 2004 through the Ordinance for hazardous chemical substances and preparations subject to prohibition or restriction during trade and use. In the period 2004-2006, an inventory of PCBs in electrical equipment has been made but there is no information about the use of PCBs in construction works. This paper analyses the risks from use of PCB-containing materials in existing buildings. According to international literature sources, PCBs have been used in some plasticizers, paints, adhesives, sealants, floorings, insulations, etc. Assumptions about distribution of PCBs are verified with experimental data from laboratory testing of flooring materials. The toxicological risks for human health from intake of PCB particles during repair works in buildings are reviewed. Based on this analysis, recommendations are formulated for safe handling of PCB-containing materials as well as for identification and proper treatment of respective construction and demolition waste (CDW.)

Keywords:

¹ Яна Кънчева, гл. ас. д-р инж., кат. Приложна геодезия, Геодезически факултет, УАСГ, адрес: бул. Хр. Смирненски 1, 1046 София, имейл: kancheva_fgs@uacg.bg; Yana Kancheva, Senior Assistant Professor, PhD, Dipl. Eng., Department of Applied Geodesy, Faculty of Geodesy, UACEG, 1 Hr. Smirnenski Blvd., 1046 Sofia, Bulgaria, E-mail: kancheva_fgs@uacg.bg

² Румяна Захариева, доц. д-р инж., катл Строителни материали и изолации, Строителен факултет, УАСГ, адрес: бул. Хр. Смирненски 1, 1046 София, имейл: zaharieva_fce@uacg.bg; Roumiana Zaharieva, Associate professor, PhD, Dipl. Eng., Department of Building materials and insulations, Faculty of Structural Engineering, UACEG, Address, Address: 1 Hr. Smirnenski Blvd., 1046 Sofia, Bulgaria, E-mail: zaharieva_fce@uacg.bg

PCBs, toxicity, covering materials, contamination, CDW

1. ВЪВЕДЕНИЕ

От официалната статистика на Европейския съюз е известно, че повече от половината от новодобитите ресурси се използват в строителството [1]. Това голямо количество ресурси се трансформира в края на жизнения цикъл на сградите в огромни количества строителни отпадъци – около 35% от всички отпадъци в ЕС (по данни на Евростат [2]). При много от строителните материали е установено съдържание на токсични компоненти [3] – напр. олово-съдържащи бои, лакове, покрития, уплътнители, изолационни материали и др. Възможността строителните отпадъци да се използват като вторичен ресурс, в контекста на кръговата икономика, често е възпрепятствана именно от наличието на замърсявания, които придават опасни свойства на рециклираните материали. За строителните продукти, които се влагат в строежите понастоящем, токсичните компоненти се ограничават и се декларират чрез т.нар. информационни листове за безопасност, както и чрез етикетите на самите продукти. На европейско ниво са въведени редица нормативни документи и процедури, с които се гарантира защитата на здравето на човека и опазването на околната среда от рисковете, които могат да бъдат причинени от различните видове опасни вещества. Сред по-важните такива директиви са REACH [4] (в сила от 1 юли 2007 г. и приложим за всички химични вещества), CLP [5] (класификация и етиктиране на опасностите), BPR [6] (за защита от биоциди), CAD [7] и CMD [8] (за минимални изисквания за защита на работещите съответно в среда с химични агенти и карциногени и мутагени), Рамковата директива за отпадъците WFD [9] (за превенция и преодоляване на негативните въздействия от генериране и управление на отпадъци), както и Регламента относно устойчиви органични замърсители [10] (за минимално отделяне на такива замърсители при производствени процеси и екологосъобразно обезвреждане на отпадъци, замърсени с тях). В Регламента за строителните продукти (CPR, Регламент ЕС 305/2011 [11]) третото изискване към строежите се отнася именно за осигуряването на хигиена, здраве и околна среда през целия жизнен цикъл. Това се гарантира чрез недопускане на отделяне на токсичен прах, емисии на опасни вещества, летливи органични съединения, парникови газове и опасни излъчвания. Регламентът ясно поставя изискването визирайки и непреките неблагоприятни въздействия върху човешкото здраве и екосистемите, които биха произтекли от изпускането на опасни вещества в подпочвените и повърхностните води или почвите, от замърсяването на източници на питейна вода, както и от неправилно депониране на твърди или течни отпадъци (вкл. строителни).

В допълнение към всички тези директиви, транспонирани и в националното ни законодателство и към регламентите, са въведени показатели за оценка на токсикологичните свойства на строителните материали чрез последното изменение на стандарт EN 15804 (A2, от 2019 г.) за екологични декларации на строителни продукти (Environmental Product Declaration – EPD) [12]. Оценката на токсичността е задължителна част също от т.нар. сертификат за екологичен отпечатък на продуктите (Product Environmental Footprint – PEF) [13]. На практика, проблемите, свързани с токсичността, се отнасят предимно за материалите, използвани преди появата на тази регулаторна рамка. Наличието на опасни вещества в тях или не е било контролирано при производството на материалите, или не е подходящо оценявано (например, при замърсяване от производствени процеси), или допустимите прагове са били твърде високи. Проблемите се задълбочават от факта, че за много от строежите, обект на ремонт, реконструкция или разрушаване, липсва техническа документация и съставът и свойствата на вложените материали, вкл. аспектът токсичност, се оказват трудни за идентифициране.

Полихлорираните бифенили (ПХБ) са един от възможните източници на токсичност при строителните материали. Настоящата статия разглежда възможните приложения на ПХБ и най-вероятните елементи в сградите, където биха могли да бъдат открити.

2. ПРИЛОЖЕНИЯ НА ПХБ

2.1. Обща информация

Полихлорираните бифенили (ПХБ) са устойчиви органични замърсители (УОЗ) от групата на промишлените химикали, които притежават токсични свойства. ПХБ не се разграждат, могат да се натрупват в организмите, да се пренасят по въздуха, чрез водата и чрез мигриращите биологични видове през международните граници и се отлагат далече от мястото на тяхното изпускане, където се отлагат в сухоземните и водните екосистеми. ПХБ са химически инертни вещества (топлинно устойчиви, много трудно запалими, с ниска диелектрична проникваемост), които са широко използвани в продължение на повече от 50 години в цял свят като добавки към масла в електрическо оборудване, както и в материали, за които се изисква химическа стабилност с оглед на дълготрайната им употреба. ПХБ се използват под формата на течности или смоли, безцветни или жълто оцветени, с характерна миризма. Неразтворими са във вода, но лесно се разтварят в мазнини, въглеродороди и други органични съединения. [14]

ПХБ представляват смеси от отделни ароматни съединения, наречени конгенери, и са получени по такъв начин, че водородните атоми на бифенилната молекула могат да бъдат заменени с до десет хлорни атома [14]. В официалната класификация са включени 209 конгенери на ПХБ [15], а в [16] са поставени изисквания за обследване за 7 вида конгенери.

Поради силната им токсичност за човешкото здраве и околната среда, използването на ПХБ е забранено от Стокхолмската конвенция за УОЗ през 2001 г., а в България е въведена забрана за ПХБ през 2004 г. чрез Наредбата за опасните химични вещества и препарати, подлежащи на забрана или ограничения при търговия и употреба [17]. В периода 2004-2006г. е направена инвентаризация на ПХБ в оборудване в Република България Изпълнител като част от български под-проект GF/2732-02-4454р, разработван в рамките на международен пилотен проект GEF/UNEP:GF/2732-02-4452 “Development of 12 pilot country NIPs for the management POPs” [14]. Маслата, съдържащи ПХБ, и замърсеното оборудване са предадени за обезвреждане в чужбина. Не са обследвани, обаче, замърсяванията върху строителните материали, които са били в контакт с такова оборудване. В ръководството за управление на отпадъците, съдържащи ПХБ [18], също не се разглеждат строителните отпадъци, съдържащи или замърсени ПХБ.

2.2. ПХБ в строителни материали

ПХБ са влагани в редица строителни материали, като например бои, препарати за повърхностно третиране, адхезиви (за водонепропускливи покрития), пластификатори за пластмаси от поливинилхлорид, каучукови уплътнители, пълнители при свързването на бетона, изолации и др. [19].

ПХБ могат да се използват в три вида системи в зависимост от това дали продукта или приложението дават възможност за изпускане на ПХБ към околната среда – отворени, частично затворени и затворени [14], [20]. При т.нар. отворени системи маслата, съдържащи ПХБ, се използват по начин, който предполага тяхното отделяне към околната среда (например лепила, бои, мастила, трайно еластични смеси за уплътняване на фуги – за отделяне на части от сгради, подвижни фуги между готови бетонни елементи, съединителни фуги на прозорци, рамки на врати и др.). Затворените и полу-затворените

приложения нямат пряко отношение към строителните материали, поради което не са разглеждани в настоящата статия.

3. РИСКОВЕ ЗА ЗДРАВЕТО И ОКОЛНАТА СРЕДА

Опасните свойства на строителните материали могат да бъдат причинени от различни фактори на различни етапи от техния жизнен цикъл (състав, технология на производство, влагане в строежите, експлоатация, замърсяване при ремонт и разрушение). Спецификите на различните видове строежи (сгради, транспортни съоръжения, ВиК съоръжения и др.), средата, в която се експлоатират и въздействията, на които са подложени, определят различни механизми за поява на замърсявания по тях. Следователно анализът трябва да обхваща както архитектурно-конструктивни аспекти на строежа, така и да отчита неговото предназначение (преди и след ремонта/реконструкцията) и процесите на ремонт/реконструкция/разрушение. Токсикологичните характеристики на материалите имат отношение към всички аспекти на устойчивото развитие (Фигура 1).



Фигура 1. Взаимовръзка между токсикологичните свойства на строителните материали и аспектите на устойчивото развитие

Те имат особена значимост за осигуряване на здравословна среда на обитание и безопасни условия на труд (социален аспект), могат да се окажат важни по отношение на въздействията върху околната среда, а изискванията на кръговата икономика налагат решенията и мерките, които ще се предложат за идентифициране на опасните свойства и за минимизиране на влиянието им, бъдат икономически жизнеспособни.

Последиците, свързани с токсичните свойства на строителните материали, се проявяват в три основни етапа от жизнения цикъл на сградата: по време на строителство, по време на експлоатация и по време на разрушаване на сградата и дейностите по третиране на отпадъците. Рисковете при изграждането на сградите произтичат от характера на самия строителен процес: използването на прахообразни и течни продукти, използването на различни видове уреди и машини за транспорт, товарене/разтоварване, рязане, оформяне на форми и размери, заваряване, смесване и забъркване на разтвори,

полагане на пръскани и разпенвани суспензии и др. Богатото разнообразие от строителни материали, влагани в сградите, определя до голяма степен присъщите им токсикологични характеристики от гледна точка на техния състав и свойства, а оттам и задължителните предпазни средства или технология на работа със съответното вещество.

По време на експлоатацията на сградата се наблюдава стареене на повечето материали (например бои, мазилки, покрития) и нарушаване на тяхната цялост, което от своя страна води до повърхностно отделяне на частици (вкл. съдържащи ПХБ) с различни размери – от едри късове до прахообразни фракции. Те могат лесно да се разпространяват във въздуха и при вдишване или допир могат да доведат до неблагоприятни ефекти за човешкото здраве. В резултат от употребата на промишлено или електронно оборудване могат да се получат разливи по стените и подовете на производствените линии.

Процесите от края на жизнения цикъл са свързани с генериране на прахови замърсявания от разкъртване, взривяване, рязане, товарене/разтоварване и др., които, подобно на етапа на строителство, също интензивно използват механизация. Риск има дори при депонирането на отпадъците, защото замърсителите могат да се отделят в почвите, подпочвените води и въздуха и да доведат до увреждане на екосистемите и човешкото здраве или до замърсяване на иначе „чисти“ материали.

Приемането на ПХБ от човешкия организъм главно се осъществява чрез консумация на замърсени храни, особено месо, риба и птици [21]. Според някои изследвания обаче общинските сгради в големите градове, включително някои училища [22], съдържат ПХБ във вътрешния си въздух, което означава, че вдишването им също може да бъде основен механизъм на токсично въздействие. Неблагоприятните последици за животните и човека включват увреждане на черния дроб, щитовидната жлеза, кожата и очите, имунотоксичност, невроповеденчески отклонения, намаляване телесната маса на новородени, нарушения в репродуктивната способност и канцерогенност при животни [23]. ПХБ са класифицирани от Международната агенция за изследване на рака (IARC) като канцерогени за животни и вероятен канцероген за човека [24].

Все още липсват подробни изследвания у нас относно тяхната концентрация в сградите, строени преди забраните за използването им.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ОБСЛЕДВАНЕ НА МАТЕРИАЛИ ЗА ПОДОВИ ПОКРИТИЯ

4.1. Същност на изследването

Изследването е проведено в рамките на проект БН 260-22 към ЦНИП при УАСГ на тема „Идентифициране на опасни компоненти в строителните материали“. Изследването за съдържание на ПХБ в строителни материали е направено в сертифицирана външна лаборатория по комбиниран метод, съчетаващ газова хроматография с маспектрометрия (gas chromatography – mass spectrometry, GC-MS). Този метод позволява идентифицирането на различни видове вещества, вкл. ПХБ, като след разделянето им, молекулите се задържат от газовия хроматограф, а след това се отделят по различно време към маспектрометъра. Това позволява на маспектрометъра да улови, йонизира, ускори, отклони и отчете йонизираните молекули по отделно. Засичат се йонизираните фрагменти от разделянето на всяка молекула, като се отчита отношението маса към заряд. Комбинацията от двата метода позволява по-точно идентифициране на състава на пробите, което не би могло да се постигне, ако двата уреда се използват самостоятелно [25]. За маспектрометрията пробата трябва да бъде незамърсена, а газовата хроматография с обикновен детектор не би могла да разпознава различните молекули, когато се движат едновременно. Комбинирането на двата уреда намалява опасността от

грешки, тъй като се счита за малко вероятно две молекули да имат еднакво поведение както в газовия хроматограф, така и в маспектрометъра.

Изследването е направено в съответствие със стандарт БДС EN 17322:2020 [26]. Пробоподготовката на анализа се осъществява в следната последователност: всяка проба се нарязва на парченца, извършва се екстракция с дихлорметан, пречиства се със силикагел, суши се с натриев сулфат и към остатъка след сушене се добавя 50 ml толуен. След това се изпарява и се поставя в апарат за GC-MS.

4.2. Изследвани материали

Пробите, предадени за лабораторно изследване представляват 5 броя балатуми, произведени в различни периоди (1970 г., 1975 г., 1980 г., 1985 г. 2020 г.) и 1 брой проба от болкит (от уплътнение на фуги между стоманобетонни елементи). Пробите са от строителни отпадъци, генерирани време на ремонтни дейности при различни жилищни сгради. Подобни строителни отпадъци, но в по-голям мащаб, биха се образували и при извършване на основен ремонт или при премахване на подобни сгради. Снимки на пробните образци са представени на Фигура 2.



Фигура 2. Проби, изпитвани за наличие на ПХБ

4.2. Резултати

Таблица 1 представя установените стойности на ПХБ в различните проби. Долната граница на уреда е 0.001 mg/kg и при някои проби не е установено наличие на някои конгенери, а при други изобщо липсва съдържание на ПХБ.

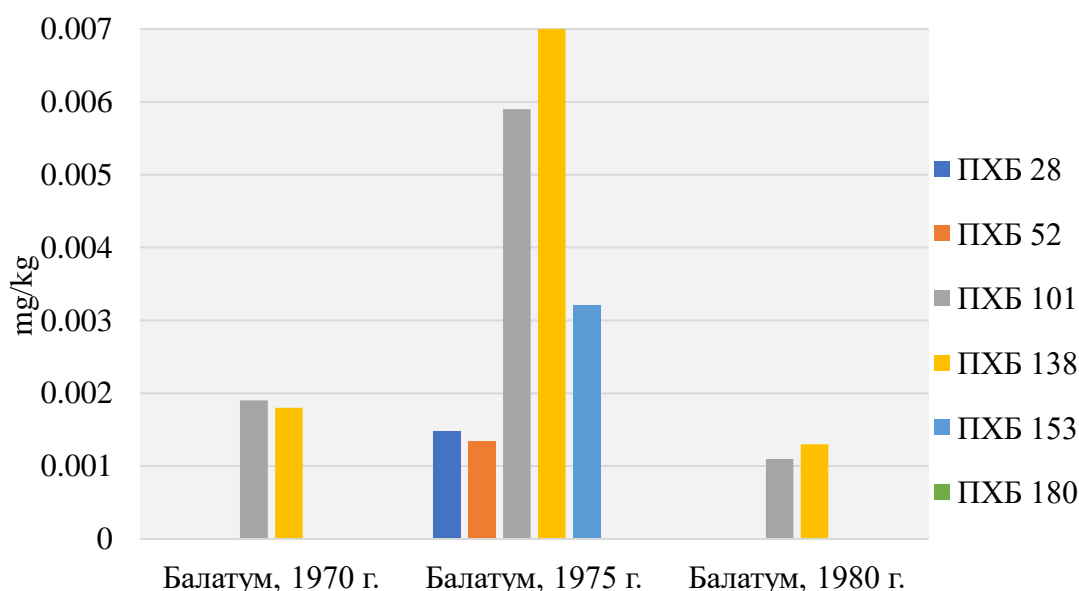
Таблица 1. Съдържание на различни конгенери на ПХБ при изследваните образци.

Материал	Мерна единица	Конгенери					
		ПХБ 28	ПХБ 52	ПХБ 101	ПХБ 138	ПХБ 153	ПХБ 180
Балатум, 1970 г.	mg/kg	< 0.001	< 0.001	0.0019 ± 0.0002	0.0018 ± 0.00004	< 0.001	< 0.001
Балатум, 1975 г.	mg/kg	0.00148 ± 0.00004	0.001342 ± 0.00004	0.0059 ± 0.0007	0.007 ± 0.001	0.0032 ± 0.0004	< 0.001
Балатум, 1980 г.	mg/kg	< 0.001	< 0.001	0.0011 ± 0.0001	0.0013 ± 0.0003	< 0.001	< 0.001
Балатум, 1985 г.	mg/kg	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

Материал	Мерна единица	Конгенери					
		ПХБ 28	ПХБ 52	ПХБ 101	ПХБ 138	ПХБ 153	ПХБ 180
Балатум, 2020	mg/kg	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Болкит, 1984 г.	mg/kg	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

Забележка: Номерът на конгенера показва поредния номер на съединението в общия списък от 209 съединения в семейството на ПХБ.

Прави впечатление, че при балатуми, произведени след 1980 г. уредът не открива наличие на ПХБ, т.е. дори и да има, те са в пренебрежимо малки количества. Съгласно изисквания в Наредба 6 [16] по отношение на условията на експлоатация на депа и други инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци, допустимото наличие на ПХБ (7 конгенери) е до 1 mg/kg. Установените стойности при изследваните проби, които надвишават 0.001 mg/kg са многократно по-малки от поставеното в наредбата ограничение, което означава, че изследваните балатуми не представляват риск за околната среда, когато се депонират, по отношение на отделянето на ПХБ. Интересно е да се отбележи, че най-много конгенери и в най-големи количества са установени при балатума от 1975 г. (Фигура 3). В сравнение с балатумите от 1970 г. и 1980 г., количествата на ПХБ при балатума от 1975 г. са над 2-3 пъти по-високи. По данни на собственика на жилището (гр. София, кв. Гео Милев), от което е взета пробата от 1975 г., това е балатум, който е бил произведен в бившата ГДР, докато за балатумите от 1970 г. и 1985 г. е известно, че са произведени в България. Няма данни за балатумите от 1980 г. и 2000 г. ПХБ са придавали много добри експлоатационни свойства на съдържащите ги материали – по-добра огъваемост, по-висока изтриваемост и като цяло, по-голяма дълготрайност.



Фигура 3. Установено наличие на ПХБ по проби и количества

Не е известно и дали липсата на някои конгенери при следващата проба (1980 г.) и пълната липса на установени ПХБ при по-късните проби (1985 г. и след това) има някаква връзка със забраните за използване на ПХБ, защото първата в света забрана за използване

на ПХБ е от 1978 г. в САЩ. От проведеното изследване би могло да се предположи, че използването на ПХБ в строителните материали може да има и национален характер.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И НАСОКИ ЗА ПО-НАТАТЪШНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Намаляването на токсичността на строителните материали е една от стъпките по пътя към устойчиво строителство. Познаването на токсикологичните характеристики на строителните материали е от първостепенна важност при осигуряването на безопасни условия на труд, на здравословна вътрешна среда на обитаване, а също е важно и при управлението на строителните отпадъци.

Опасните свойства могат да се проявят през целия жизнения цикъл и за сгради в експлоатация, строени преди повече от 30 години, проблемът с токсичността съществува и често е неосъзнаван както от ползвателите на сградите, така и за фирмите, извършващи ремонт, реконструкция или промяна на предназначението на строежите. При сгради, за които може да се предполага наличието на замърсявания с опасни вещества, идентифицирането и определянето на границите на тези замърсявания е необходимо, за да се осигури безопасното процедиране и да се предпришат подходящи мерки за третиране и/или премахване на замърсяванията. Тук следва да се разглежда и социалният аспект и доколко тези мерки са приложими от хора с ниски доходи.

ПХБ представляват силно токсична група вещества, които се срещат в редица строителни материали. ПХБ са силно устойчиви, разпространяват се лесно в широк диапазон и могат да причинят сериозни здравни увреждания както при хората, така и при останалите живи организми. Нито една от изследваните проби не показва наличие на ПХБ далеч над допустимите граници по отношение на обезвреждането на отпадъци, съдържащи ПХБ на депа и не крие рискове за околната среда, но наличието на ПХБ вече представлява предизвикателство по отношение разпространението им околната среда и поглъщането им от животни. Тъй като основният механизъм за попадане на ПХБ у човека е чрез храни от животински произход (месо, риба, яйца, млечни продукти, бебешки храни) [27], то въведените здравни ограничения не касаят пряко строителните материали.

Изследването би могло да се разшири и с изпитване на други материали с предполагаемо съдържание на ПХБ, напр. лющещи се бои, лепилни състави и уплътнители при по-стари сгради или изпитване на почви около сградите (напр. училища), в които е възможно да са попаднали фрагменти от външна мазилка, прозрачни уплътнения и др.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящата статия е резултат от работата по проект БН-260-22 към ЦНИП при УАСГ. Авторите изказват благодарност на екипа от ЦНИП за оказаната подкрепа при провеждане на публикуваните изследвания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Европейска комисия, “Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs: Buildings and construction.” https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/buildings-and-construction_en
- [2] Евростат (env_wasgen), “Generation of waste by waste category, hazardousness and NACE Rev. 2 activity, last update 01/06/2022.” https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WASGEN/default/table?!lang=en&category=env.env_was.env_wasgt

- [3] U. S. Environmental Protection Agency, “PCBs in Building Materials: Determining the Presence of Manufactured PCB Products in Buildings or Other Structures,” 2021. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/pcbs/polychlorinated-biphenyls-pcbs-building-materials>
- [4] Европейска комисия, “Регламент (ЕО) 1907/2006 на Европейския парламент и на Съвета от 18 декември 2006 г. относно регистрацията, оценката, разрешаването и ограничаването на химикали, за създаване на Европейска агенция по химикали, за изменение на Директива 1999/45/ЕО и за отмяна,” Брюксел, Белгия, 2006.
- [5] Европейска комисия, “Регламент (ЕО) № 1272/2008 на Европейския парламент и на Съвета от 16 декември 2008 година относно класифицирането, етикетирания и опаковането на вещества и смеси, за изменение и за отмяна на директиви 67/548/ЕИО и 1999/45/ЕО и за изменение на Регламент,” Брюксел, Белгия, 2008.
- [6] Европейска комисия, “Регламент (ЕС) № 528/2012 на Европейския парламент и на Съвета от 22 май 2012 година относно предоставянето на пазара и употребата на биоциди,” Брюксел, Белгия, 2012.
- [7] Европейска комисия, “Директива 98/24/ЕО на Съвета от 7 април 1998 година за опазване на здравето и безопасността на работниците от рискове, свързани с химични агенти на работното място,” Брюксел, Белгия, 1998.
- [8] Европейска комисия, “Директива 2004/37/ЕО на Европейския Парламент и на Съвета от 29 април 2004 година относно защитата на работниците от рискове, свързани с експозицията на канцерогени или мутагени по време на работа,” Брюксел, Белгия, 2004.
- [9] Европейска комисия, “Директива (ЕС) 2018/851 на Европейския парламент и на Съвета от 30 май 2018 година за изменение на Директива 2008/98/ЕО относно отпадъците,” Брюксел, Белгия, 2018.
- [10] Европейска комисия, “Регламент (ЕС) 2019/1021 на Европейския парламент и на Съвета от 20 юни 2019 година относно устойчивите органични замърсители,” Брюксел, Белгия, 2019.
- [11] Европейска комисия, “Регламент (ЕС) № 305/2011 на Европейския парламент и на Съвета от 9 март 2011 година за определяне на хармонизирани условия за предлагането на пазара на строителни продукти и за отмяна на Директива 89/106/ЕИО на Съвета,” Брюксел, Белгия, 2011.
- [12] CEN, “БДС EN 15804:2012+A2:2020 Устойчиво строителство. Декларации за продукт по отношение на околната среда. Основни правила за категорията на строителни продукти,” 2020.
- [13] Европейска комисия, “PEFCR Guidance document, Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.3,” Брюксел, Белгия, 2017.
- [14] С. Крапчева, Ц. Димчева, Е. Соколовски, and И. Домбалов, “Полихлорирани бифенили в оборудване – потенциална заплаха за здравето и околната среда,” София, България, 2006.
- [15] “Table of PCB Species by Congener Number,” 2003. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/congenertable.pdf>
- [16] “Наредба № 6 от 27.08.2013 г. за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и на други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци, посл. изм. ДВ бр. 13 от 7.02.2017 г.,” 2013.
- [17] “Наредба за опасните химични вещества и препарати, подлежащи на забрана или ограничения при търговия и употреба (загл. изм. - ДВ, бр. 62 от 2004 г.),” София, България, 2004.

- [18] М. Нинова, Ц. Димчева, С. Крапчева, Е. Соколовски, and И. Домбалов, “Ръководство за инвентаризация, маркиране и управление на оборудване съдържащо ПХБ,” София, България, 2006.
- [19] U.S. EPA, “PCBs in Building Materials—Questions & Answers,” 2015. [Online]. Available: https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-03/documents/pcbs_in_building_materials_questions_and_answers.pdf
- [20] UNEP Chemicals, “Guidelines for the Identification of PCBs and Materials Containing PCBs,” 1999.
- [21] M. M. Ododo and B. K. Wabalo, “Polychlorinated Biphenyls (PCBs) and Their Impacts on Human Health: A Review,” *Journal of Environment Pollution and Human Health*, vol. 7(2), pp. 73–77, 2019, doi: 10.12691/jephh-7-2-3.
- [22] K. Thomas, J. Xue, R. Williams, P. Jones, and D. Whitaker, “Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in School Buildings: Sources, Environmental Levels, and Exposures,” 2012.
- [23] P. N. Dave, S. Chaturvedi, and L. K. Sahu, “Impact of polychlorinated biphenyls on environment and public health,” in *Handbook of Advanced Approaches Towards Pollution Prevention and Control*, Elsevier, 2021, pp. 261–280. doi: 10.1016/B978-0-12-822121-1.00013-8.
- [24] International Agency for Research on Cancer (IARC), “Polychlorinated biphenyls and polybrominated biphenyls,” *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum*, vol. 107, 2015.
- [25] O. D. Sparkman, Z. Penton, and F. G. Kitson, *Gas Chromatography and Mass Spectrometry: A Practical Guide*, Second. Academic Press, 2011.
- [26] European Committee for Standardization (CEN), “БДС EN 17322:2020 Твърди матрици в околната среда. Определяне на полихлорирани бифенили (PCB) чрез газхроматографско-маселективно откриване (GC-MS) или откриване с електронно улавяне (GC-ECD),” 2020.
- [27] Европейска комисия, “Регламент (ЕС) № 1259/2011 на Комисията от 2 декември 2011 година за изменение на Регламент (ЕО) № 1881/2006 по отношение на максимално допустимите количества диоксини, диоксиноподобни РСВ и недоксиноподобни РСВ в храни,” 2011.