

Smog – architektoniczne metody przeciwdziałania



mgr inż. arch.
AGNIESZKA CHUDZIŃSKA
Politechnika Warszawska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0001-9765-4825

Obecnie w Polsce coraz częściej podejmuje się działania w zakresie ograniczenia skali zanieczyszczenia powietrza, szczególnie w dużych aglomeracjach miejskich. Praca prezentuje podział metod na trzy sposoby, ze szczególnym zwróceniem uwagi na rozwiązania architektoniczne: redukcję u źródła, pośrednią i przeprowadzaną na końcu cyklu.

Wprowadzenie

W ostatnich latach przykłada się coraz większą wagę do stanu zanieczyszczeń powietrza w polskich miastach. Badania w Polsce (Narodowy Fundusz Zdrowia) [1] i na świecie [2] wskazują na wyraźny związek zwiększania się wskaźnika umieralności ludności w miastach w miesiącach zimowych z występującym w tym czasie smogiem. Potwierdzają to też badania przeprowadzone w Chinach [3]. Społeczeństwo w Polsce zauważa problem, stosując oddolne akcje [4], ale potrzebna jest dalsza edukacja oraz wprowadzanie odpowiednich przepisów, które będą utrudniać złe praktyki i ułatwiać dobre.

Badaniem zanieczyszczeń powietrza zajmuje się w Polsce prof. Juda-Rezler [5], natomiast badaniami projektowymi nad rozwią-

zaniem problemu epizodów pyłowych – prof. Flaga wraz z zespołem [6]. Zagraniczne źródła badań można znaleźć wśród chińskich naukowców, np. E. Ng [7] i Yuan. Kształtowaniem architektury oraz urbanistyki pod kątem eliminacji smogu zajmuje się Rakhimzhanova w Kazachstanie [8], [9]. Szeroki przegląd rozwiązań dotyczących zanieczyszczeń powodowanych przez transport przygotował zespół z K. Gwilliam [10].

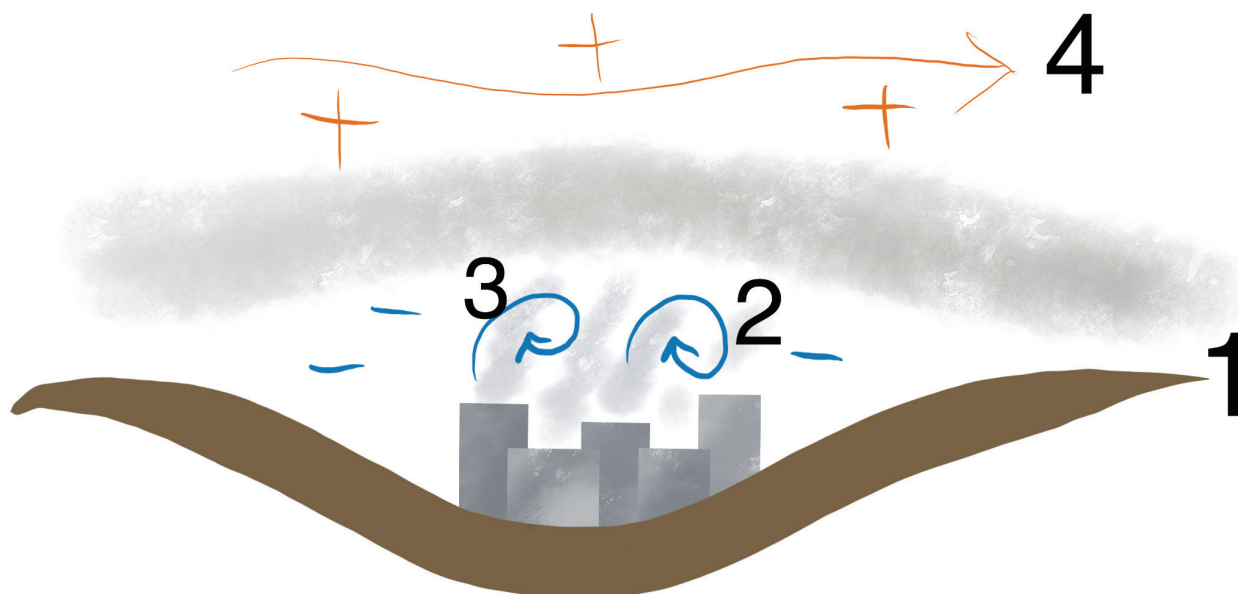
Architektura i urbanistyka jako dziedziny związane z kształtowaniem miasta odgrywają dużą rolę w walce z zanieczyszczeniami powietrza. Praca ma na celu klasyfikację działań służących przeciwdziałaniu zanieczyszczeń powietrza oraz wskazanie miejsc, w których są one bezpośrednio związane z projektowaniem architektonicznym czy urbanistycznym.

Czym jest smog i jak powstaje

Smog jest mieszaniną zanieczyszczeń z mgłą, a jego skład zależy od miejsca występowania. Zawiera: pyły zawieszone (PM od ang. *Particulate matter*), substancje gazowe oraz półlotne związki organiczne [11]. Występuje w specyficznych warunkach pogodowo-geograficznych. Jest związany z połączeniem konkretnych czynników (patrz rys. 1) [12]:

1. Ukształtowanie terenu – miasta położone w nieckach lub dolinach górskich.

2. Wysoka emisja zanieczyszczeń związana z sezonem grzewczym, przede wszystkim z gospodarstw domowych wyposażonych w kotły starego typu i przy użyciu słabej jakości paliwa.



Rys. 1. Czynniki sprzyjające powstawaniu smogu: 1 – ukształtowanie terenu; 2 – emisja zanieczyszczeń; 3 – wysokie ciśnienie i bezwietrzna pogoda; 4 – inwersja termiczna; źródło: opracowanie własne autorki

3. Wysokie ciśnienie oraz bezwietrzna pogoda, która uniemożliwia przewietrzenie miasta i prowadzi do inwersji termicznej.

4. Inwersja termiczna, czyli zablokowanie zanieczyszczeń od góry przez masy ciepłego powietrza, powodujące powstanie „czapy smogowej” i uniemożliwienie wertykalnej wymiany powietrza.

Cykl życia smogu zaczyna się przede wszystkim w źródłach o pochodzeniu antropogenicznym (piece, komunikacja, przemysł) [5], następnie trwa w powietrzu i kończy się przejściem ze środowiska powietrznego do wody lub ziemi.

Metody walki ze smogiem

Przegląd przeciwdziałania zanieczyszczeniom powietrza opiera się na materiałach znalezionych w pracach naukowych polskich i zagranicznych badaczy oraz na źródłach internetowych, ponieważ tam znajdują się najnowsze wiadomości dotyczące odkryć czy zastosowań nowoczesnych technologii. Zdecydowano się na podział metod na: redukcję u źródła, pośrednią, a także przeprowadzaną na końcu cyklu.

Redukcja u źródła

Ograniczenie emisji w sektorze komunalno-bytowym i przemysłowym

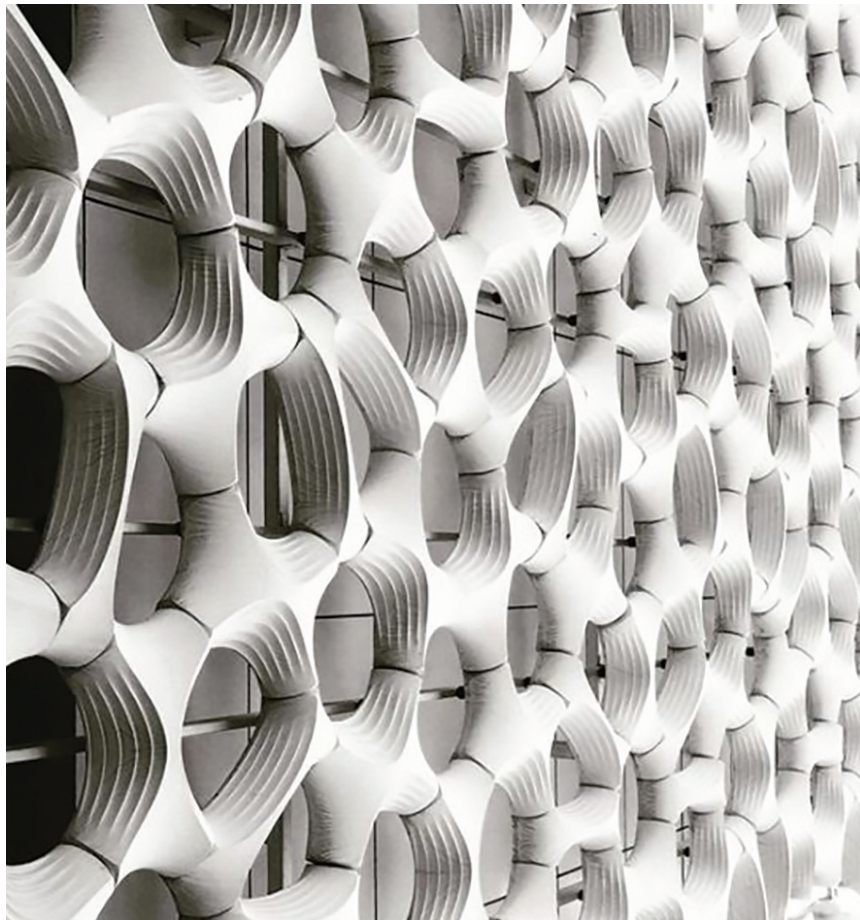
Większość budynków w Polsce nie ma dostępu do sieci ciepłowniczej [13]. Niska emisja to emisja zanieczyszczeń z wielu małych źródeł (najczęściej z komunalno-bytowych), na wysokości do 40 m, w których spalanie odbywa się w piecach starego typu o niskiej efektywności. Wpływ na to ma bieda energetyczna, czyli palenie wszystkim, co ma odpowiednio wysoką wartość kaloryczną, również śmieciami. Jan Kiciński z Politechniki Gdańskiej opracował czterostopniowy plan walki z emisją w sektorze komunalno-bytowym [14]:

- wyposażenie starych kotłów w ekofiltry,
- wymiana starych kotłów na nowe wysoce efektywne z ekofiltrami,
- domowe elektrownie produkujące ciepło i energię elektryczną,
- skalowanie wymienionych rozwiązań.

Modernizacja gospodarstw domowych powinna iść w parze z kontrolami technicznymi budynków oraz prawem, które preferuje podejście ekologiczne w budownictwie lub wręcz piętnuje przestarzałe rozwiązania.

Legislacja, projektowanie ekologiczne

Odpowiednie kształtowanie przepisów wspiera projektowanie ekologiczne bardziej niż szerokie działania edukacyjne. Dodatkowo dobrą metodą łączoną z legislacją jest projektowanie w oparciu o certyfikaty ekologiczne, jak LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) i BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method).



Rys. 2. Elewacja z dwutlenkiem tytanu – Szpital im. Manuela Gea Gonzaleza w Meksyku; źródło: [17]

Ekologiczne projektowanie miast jest bardzo efektywne. Piękną wizją jest projektowanie miast od początku w sposób zrównoważony, jak np. eksperymentalny Masdar w Zjednoczonych Emiratach Arabskich, ale obecnie pilniejsze jest odpowiednie planowanie rozwoju miast istniejących. Za przykład można podać Czandigarh w Indiach, gdzie odpowiednia analiza ukształtowania terenu w połączeniu z badaniami lokalnych wiatrów wykazały, że wiatr górski znacząco pomaga w rozproszeniu smogu [15].

Ograniczenie emisji spalin w sektorze transportu

Drugą po niskiej emisji przyczyną smogu jest transport [5]. Najlepszym sposobem zlikwidowania problemu zanieczyszczenia powietrza jest ograniczenie indywidualnego transportu samochodowego z jednoczesnym rozwojem transportu publicznego. Poszerzenie sieci drogowej prowadzi do zamkniętego koła: mieszkańcy, widząc nowe możliwości transportu, decydują się na kupno samochodu, aby dojechać do pracy oraz wyprowadzają się na tereny niedoinwestowane, powodując suburbanizację, a co za tym idzie, zwiększając ilość niskiej emisji. Więcej samochodów oznacza więcej korków i problem powtórnie się pojawia. O wiele lepszym rozwiązaniem jest inwestycja w komunika-

cję publiczną pod kątem tworzenia nowych połączeń, rozbudowy sieci metra lub kolejek podmiejskich, ograniczenie ruchu kołowego w centrum miast lub zaostreżenie wymogów technicznych, jakie samochód musi spełnić, aby móc wjechać do miasta (przykład Berlina [16]), przy jednoczesnym zwiększeniu sieci parkingów Park&Ride.

Redukcja pośrednia

Oczyszczenie mechanicznie i chemiczne – tekstury, materiały absorbujące smog

Temat smogu staje się bardzo popularny wraz z sezonem grzewczym. Wówczas to można znaleźć w prasie najwięcej nowinek technologicznych, przedstawiających różne materiały, które absorbują zanieczyszczenia powietrza. Najczęściej stosuje się je jako powłoki budynków, np. tak jak w szpitalu im. Manuela Gea Gonzaleza w Meksyku (rys. 2.) z elewacją z dwutlenkiem tytanu, która przy reakcji ze słońcem oczyszcza powietrze. Niektóre miasta, jak Chicago i Warszawa, wykorzystują materiały pochłaniające zanieczyszczenia osadzające się na chodnikach oraz drogach wskutek reakcji chemicznych. Niestety oba rozwiązania (elewacyjne i chodnikowe) nie mają dużej skuteczności, ale przez swoją atrakcyjność medialną dużo skuteczniej uświadamiają społeczeństwo.





Rys. 3. Smog Free Tower; źródło: [19]



Rys. 4. Wieża oczyszczająca powietrze w Chinach – wizja artysty przed budową; źródło: [23]

Mała architektura oraz elementy oczyszczające powietrze

Walka ze smogiem pojawia się jako temat również w działalności społecznej. Jednym z aktywistów jest holenderski artysta Daan Roosegaarde, autor dwóch projektów dotyczących zanieczyszczenia powietrza: 7-metrowej wieży antysmogowej wykorzystującej jonizację Smog Free Tower (rys. 3.) oraz rowerów filtrujących powietrze [18]. Budowla, mimo że udowodniono jej skuteczność, niewiele wnosi do oczyszczania powietrza w skali całego miasta.

Zanieczyszczenia, które powodują samochody, osadzają się na drogach i na nowo są wzniesane w powietrze przez pojazdy przejeżdżające powyżej pewnej prędkości. Efektywnym rozwiązaniem okazało się mycie ulic. Na takie działania zdecydował się m.in. Seul [20] oraz w ramach eksperymentu Kraków [21].

Najczęściej stosowanym materiałem w urządzeniach filtrujących jest filtr HEPA (High Efficiency Particulate Air). Stosuje się go w sprzętach, małych obiektach, a nawet

w 100-metrowej wieży w Xian w prowincji Shaanxi (rys. 4.), która zasysa zanieczyszczenia i rozprowadza po okolicy oczyszczone powietrze. Przez pierwsze miesiące swojego działania dostarczyła 10 milionów metrów sześciennych czystego powietrza [22].

Zieleń

Oczywistym elementem pomagającym w oczyszczaniu powietrza jest zieleń [24], [25]. Zabudowane tereny trudno odzyskać, ale powstaje dużo projektów, które wprowadzają rośliny na dachy oraz elewacje budynków. W takich celach wykorzystuje się specjalne gatunki, które są bardzo efektywne, np. w projekcie instalacji CityTree ze ścianą porośniętą mchem lub pełniącą funkcję informującą (zmienia kolor po przekroczeniu limitu zanieczyszczeń) [26]. W wertykalnych ogrodach projektanci próbują znaleźć dodatkowe zastosowania. Niektórzy starają się przekształcać zanieczyszczenia na biomasę przeznaczoną do produkcji elektryczności [27], inni stosują jadalne algi [28], które jednocześnie czyszczą powietrze [29].

Edukacja społeczeństwa

Większość sposobów z grupy redukcji pośredniej tworzy „klimat medialny” przy jednoczesnym znikomym znaczeniu w skali miasta. Jednak nie należy go bagatelizować, ponieważ pełni bardzo ważną funkcję w edukacji społeczeństwa, które bez odpowiedniej świadomości będzie odporne na niekomfortowe, ale potrzebne zmiany.

Usuwanie smogu w końcowej fazie cyklu smogowego

Przewietrzanie miast

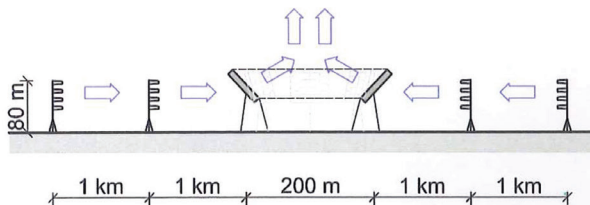
Najprostszym i najskuteczniejszym sposobem na usuwanie smogu jest przewietrzanie miasta [30]. Oznacza to odpowiednie planowanie miasta, m.in.:

- Określanie ścieżek przewietrzania miast – klinów nawietrzających [31].
- Zidentyfikowanie dominujących wiatrów, które mogą wprowadzić zanieczyszczenie.
- Określenie gradacji zabudowy obiektów, które mogą powodować bariery przepływu powietrza.
- Opis zachowań wiatrów sprzyjających zanieczyszczeniom.
- Lokalizacja przemysłu odpowiednia z uwagi na emisję zanieczyszczeń i wiatry.

Wszystkie wymienione rozwiązania zakładają horyzontalne przewietrzanie miasta. W Warszawie, mimo że kliny odpowietrzające są w większości zachowane, problem jest niewiele mniejszy niż w zwartej zabudowie Krakowa. Ostatnio badane są możliwości wertykalnego przewietrzania miasta. Testy, które wstępnie udowadniają jego skuteczność, przeprowadził na Politechnice Krakowskiej prof. Andrzej Flaga z zespołem [6]. Zakładają one wprowadzenie do Krakowa „wież wiatrowych” mających napędzać zanieczyszczone powietrze w stronę „kominów wiatrowych”, które będą przemieszczać smog ponad warstwę „czapy smogowej”. System ma być wykorzystywany wyłącznie wówczas, gdy zostaną przekroczone normy.

Podsumowanie

Smog jest aktualnie dużym i trudnym do usunięcia zagrożeniem, a sytuacja zdaje się pogarszać z roku na rok. Aby poradzić sobie z tym problemem, potrzebne jest skoordynowane działanie na kilku polach równocześnie. Przedstawione metody są związane z kolejnymi fazami cyklu smogowego. Z przedstawionych sposobów najbardziej skuteczne jest usuwanie źródła zanieczyszczeń, ale jednocześnie wymaga ono zastosowania już na początkowym etapie inwestycyjnym, a w związku z tym zaangażowania wyedukowanego inwestora i zaprojektowania budynku lub miasta na podstawie proekologicznych przepisów. Również efekt, mi-



Rys. 5. Schemat systemu przewietrzającego miasto – badania prof. Andrzeja Flagi z zespołem; źródło: [6]

mo że największy, zostaje zauważony dopiero po kilku latach. Kolejne etapy inwestycyjne oznaczają ograniczenie możliwości walki ze smogiem ostatecznie do zastosowania materiałów lub małej architektury filtrującej, których skuteczność jest niewielka, ale efekt natychmiastowy.

Ostatecznie większość działań ociera się o architekturę. Warto również wspomnieć, że architektura jest ogromnym narzędziem propagandowym już w trakcie powstawania projektu, ponieważ wizualizację łatwiej docierają do społeczeństwa. Zrealizowany projekt jest ostatecznym świadectwem wagi problemu oraz dowodem zasadności podjętych działań.

Polska zajmuje odległe miejsce w rankingach krajów o czystym powietrzu, dlatego podjęcie prób zmiany tego stanu rzeczy staje się koniecznością, a kraj może stać się wiodący w zakresie wiedzy o usuwaniu smogu.

Bibliografia:

- [1] Departament Analiz i Strategii, 2017, Analiza przyczyn wzrostu liczby zgonów w Polsce w 2017 roku.
- [2] M. Brauer i in., 2016, Ambient Air Pollution Exposure Estimation for the Global Burden of Disease 2013, „Environ. Sci. Technol.”, t. 50, nr 1, s. 79–88.
- [3] J. Zhang, Y. Liu, L. L. Cui, S. Q. Liu, X. X. Yin i H. C. Li, 2017, Ambient air pollution, smog episodes and mortality in Jinan, China, „Sci. Rep.”, t. 7, nr 1, s. 1–8.
- [4] J. Frankowski, 2020, Attention: smog alert! Citizen engagement for clean air and its consequences for fuel poverty in Poland, „Energy Build.”, t. 207.
- [5] K. Juda-Rezler, B. Toczko (red.), 2016, Pyły drobne w atmosferze, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- [6] Ł. Flaga, A. Pistol, P. Krajewski i A. Flaga, 2019, Model tests of dynamic action on the atmospheric boundary layer – linear configuration of ventilation towers on a rough terrain, „Czas. Tech.”, nr 7, s. 63–79.
- [7] E. Ng, 2009, Designing High-Density Cities for Social and Environmental Sustainability, Routledge.
- [8] L.S. Rakhimzhanova, 2018, Smart geometry creates a smog free city, „Urban form Technol.”, nr Urban Form and Social Context: from Traditions to Newest Demands, s. 568–572.
- [9] L.S. Rakhimzhanova, A.M. Zhanbyrshy, K.B. Bairov i S. Vaidya, 2019, Architecture technique for smog elimination in Almaty, „Ser. Geol. Tech. Sci.”, t. 5, nr 437, s. 99–105.
- [10] K. Gwilliam, M. Kojima, T. Johnson, 2004, Reducing Air Pollution from Urban Transport. Washington: THE WORLD BANK.
- [11] H. Mazurek, 2018, Smog, Zagrożenie dla zdrowia czy moda na ekologię?, ITEM Publishing Sp. z o.o. Sp. k., Warszawa.
- [12] E. Gramsch i in., 2014, Influence of surface and subsidence thermal inversion on PM 2.5 and black carbon concentration, „Atmos. Environ.”, t. 98, nr December 2006, s. 290–298.
- [13] Główny Urząd Statystyczny, 2019, Życzenie energii w gospodarstwach domowych w 2018 r.
- [14] J. Kiciński, 2018, Smog – Poland’s pressing problem. Anti-smog technologies, [w:] 3rd International Conference on Energy and Environmental Protection, t. 00027, s. 1–7.
- [15] S.K. Dhaliwal, Gone with the wind: Smog in Chandigarh, „The Indian Express”, 2016. Dostępne na: <https://indianexpress.com/>

article/cities/chandigarh/gone-with-the-wind-smog-in-chandigarh-4363233/ [dostęp: 28.11.2021].

[16] Umweltzone.pl, Umweltzone/strefy. Dostępne na: <https://www.umweltzone.pl/strefy/berlin/> [dostęp: 28.11.2021].

[17] L. Oviedo, Doble fachada de la Torre de especialidades del Hospital General Dr. Gea González, Wikipedia, 2019. Dostępne na: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Doble_fachada_de_la_Torre_de_especialidades_del_Hospital_General_Dr_Gea_Gonzalez.jpg [dostęp: 30.11.2021].

[18] D. Roosegaarde, SMOG FREE PROJECT. Dostępne na: <https://www.studio Roosegaarde.net/project/smog-free-tower> [dostęp: 28.11.2021].

[19] User:Bic, Daan Roosegaarde – Smog Free Tower, Wikipedia. Dostępne na: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Daan_Roosegaarde_-_Smog_Free_Tower.JPG [dostęp: 2.12.2021].

[20] Y.-J. Choi, 2014, Seoul’s Efforts to Tackle Air Pollution Performance and Challenges Brief Introduction of Seoul Air Quality of Seoul: Now and Past Key Actions Taken to Improve Air Quality of Seoul Challenges and Next Steps.

[21] D. Wantuch, Tona pyłów na kilometr. Efekt pilotażowego czyszczenia ul. Lea, „Gazeta Wyborcza”, 2017. Dostępne na: <https://krakow.wyborcza.pl/krakow/7,44425,21700720,tona-pylow-na-kilometr-efekt-pilotazowego-czyszczenia-ul-lea.html>.

[22] D. Cyranoski, 2018, China tests giant air cleaner to combat smog, „Nature”, t. 555, nr 7695, s. 152–153.

[23] SCMP, Beware China’s ‘anti-smog tower’ and other plans to pull pollution from the air, [theconversation.com](http://theconversation.com/beware-chinas-anti-smog-tower-and-other-plans-to-pull-pollution-from-the-air-90596), 2018. Dostępne na: <https://theconversation.com/beware-chinas-anti-smog-tower-and-other-plans-to-pull-pollution-from-the-air-90596>.

[24] D. J. Nowak, S. Hirabayashi, A. Bodine, E. Greenfield, 2014, Tree and forest effects on air quality and human health in the United States, „Environ. Pollut.”, t. 193, s. 119–129.

[25] P. Kumar i in., 2019, The nexus between air pollution, green infrastructure and human health, „Environ. Int.”, t. 133, nr August, s. 105–181.

[26] Green City Solutions, City Tree. Dostępne na: <https://greencitysolutions.de/en/citytree/> [dostęp: 28.11.2021].

[27] M. Khaled i K. Dewidar, 2010, Anti Smog Architecture: a New Catalyst for Cleaner, w International Conference on Engineering Solutions for Sustainable Development.

[28] Hyun Seok An, Antenna Foundation. Dostępne na: <https://antenna.foundation/talent/hyunseok-an/> [dostęp: 28.11.2021].

[29] United Nations, Report of the World Food Conference Rome, 5–16 November 1974, 1975.

[30] M. Fronczak, 2018, Shaping urban structures in the areas threatened by smog and air pollution, „Przestr. Urban. Archit.”, t. 1, s. 255–270.

[31] K. Podawca i G. Rutkowska, 2013, Analiza przestrzennego rozkładu typów zanieczyszczeń powietrza w układzie dzielnic m.st. Warszawy, „Rocz. Ochr. Sr.”, t. 15, nr 1, s. 2090–2107.

DOI: 10.5604/01.3001.0015.5969

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA
Chudzińska Agnieszka, 2022, Smog – architektoniczne metody przeciwdziałania, „Builder” 1 (294). DOI: 10.5604/01.3001.0015.5969

Streszczenie: Obecnie w Polsce rozpoczyna się coraz częstsze działania w zakresie ograniczenia skali zanieczyszczenia powietrza, szczególnie w dużych aglomeracjach miejskich. Temat jest bardzo szeroko rozważany w prasie podczas sezonu grzewczego. Podjęta praca jest próbą odpowiedzi na pytanie, jak bardzo architektura i architekci mogą wpłynąć

na walkę ze smogiem oraz jak dużą odpowiedzialność w tej kwestii mają.

Metody badań oparto na przeglądzie literatury w pracach naukowych polskich i zagranicznych badaczy oraz na źródłach internetowych. Zbiór informacji można skategoryzować na wiele sposobów. Zdecydowano się na podział na: redukcję u źródła, pośrednią i przeprowadzaną na końcu cyklu. Analiza metod przedstawia szeroką skalę czynności, które mogą podjąć architekci oraz urbaniści, jednak do każdego z tych działań potrzebne są zabiegi „odgórne” podjęte przez władze, dotyczące odpowiedniej legislacji, a także wspierania społeczeństwa w dążeniu do ekologicznych rozwiązań zarówno finansowo, jak i edukacyjnie. Odpowiednie starania prowadzą do utrudniania złych praktyk oraz ułatwiania dobrych.

Słowa kluczowe: zanieczyszczenie powietrza, wentylacja miasta, architektura ekologiczna

Abstract: SMOG – ARCHITECTURAL METHODS OF PREVENTION.

Currently in Poland, more and more actions are started to reduce the scale of air pollution, especially in large urban agglomerations. The topic is very widely discussed in the press during the heating season. This paper is an attempt to answer the question how much architecture and architects can influence the fight against smog and how much responsibility they have in this matter. The research methods were based on a literature review of scientific papers by Polish and foreign researchers and on Internet sources. The collection of information can be categorized in many ways. It was decided to divide into: reduction at source, indirect and conducted at the end of the cycle. The analysis of the methods presents a wide range of actions that can be taken by architects and urban planners, but for each of these actions "top-down" efforts are needed from the authorities concerning appropriate legislation and supporting the society in the pursuit of ecological solutions both financially and educationally. Appropriate efforts lead to hindering bad practices and facilitating good ones.

Keywords: air pollution, city ventilation, green architecture