

Detekcja szkodliwych dachów

O wykorzystaniu zobrazowań lotniczych i satelitarnych, w tym danych multispektralnych i hiperspektralnych, do inwentaryzacji i monitorowania procesu likwidacji azbestowych pokryć dachowych rozmawiamy z dr hab. inż. **KATARZYNA OSIŃSKĄ-SKOTAK**, profesor Politechniki Warszawskiej

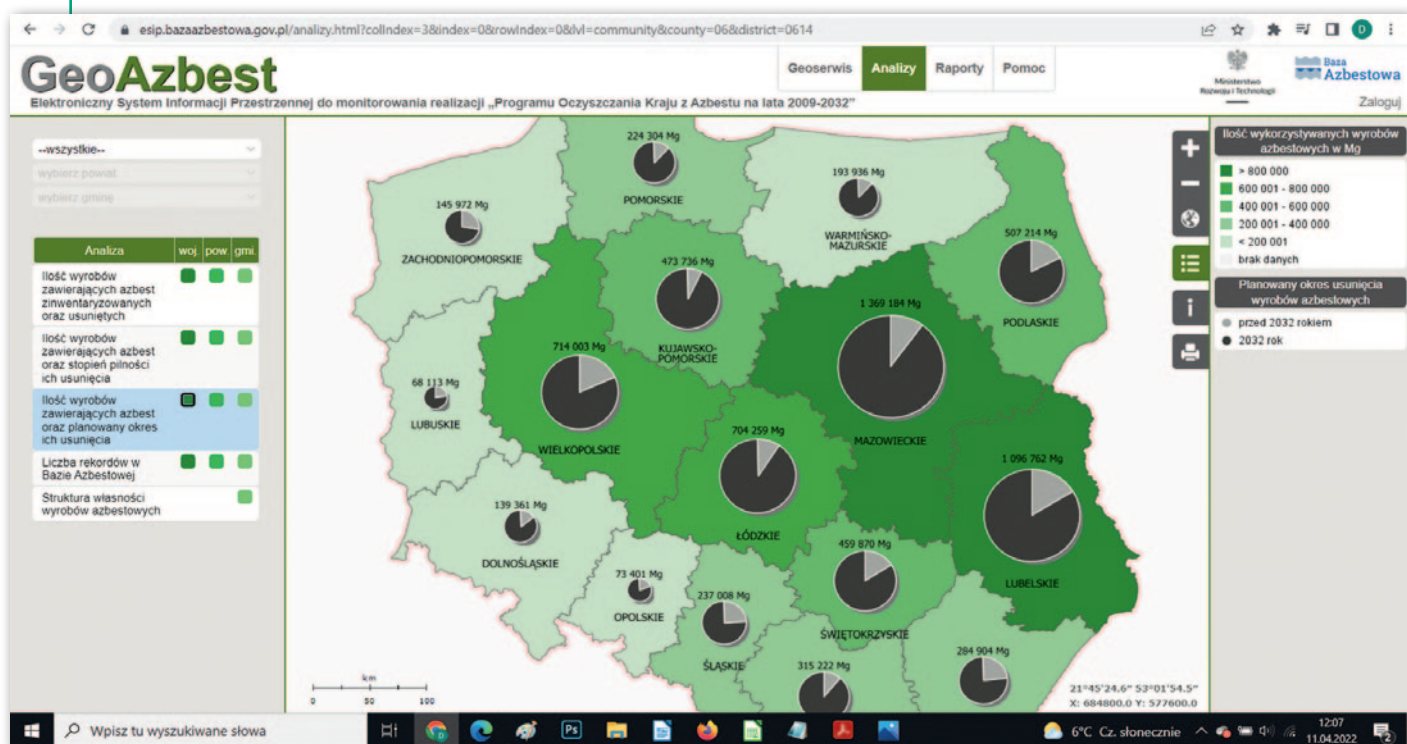
PAWEŁ ZIEMNICKI: Jak wygląda dziś w Polsce sytuacja z pokryciami dachowymi z azbestu?

KATARZYNA OSIŃSKĄ-SKOTAK: Można się o tym przekonać, zerkając do tzw. Bazy Azbestowej (bazaazbestowa.gov.pl), która przynajmniej teoretycznie zawiera aktualne informacje o tym, ile pokryć azbestowo-cementowych (nazwa handlowa eternit) wciąż jeszcze znajduje się na dachach w poszczególnych gminach czy powiatach. Można tam obejrzeć statystyki dotyczące postępu w usuwaniu wyrobów zawierających azbest w podziale na różne jednostki samorządu te-

rytorialnego. Formalnie rzecz biorąc, cały czas obowiązuje dyrektywa unijna mówiąca o tym, że do roku 2032 powinniśmy zdjąć i zabezpieczyć wszystkie tego rodzaju pokrycia dachowe. Są one zwyczajnie bardzo szkodliwe dla zdrowia, o czym szczegółowo traktuje wiele publikacji. Potwierdzają to także liczne badania, dotyczące przede wszystkim pracowników fabryk przetwórstwa azbestu bądź mieszkańców gmin, gdzie funkcjonowały związane z tym zakłady. Instytut Medycyny Pracy w Łodzi dowiódł, że mieszkańcy takich obszarów nawet 40 lat później zapadają na choro-

by azbestopochodne, w tym na choroby płuc, również nowotwory, czy choroby związane z układem krwionośnym. Jest to więc nadal spory problem.

Co gorsza mieszkańcy często nie zdają sobie sprawy z tego, jakie są zasady usuwania azbestowych pokryć dachowych. Nie zawsze zlecają to zadanie firmie specjalistycznej, by przeprowadziła całą operację zgodnie z zasadami bezpieczeństwa. Zdarza się również, że mieszkańcy nie zgłaszają, iż dokonali zdjęcia azbestowych pokryć dachowych. W efekcie wiele gmin nie dysponuje aktualnymi informacjami na ten temat. Warto zatem



Z dostępnej on-line Bazy Azbestowej wynika, że Mazowieckie i Lubelskie to regiony mające najwięcej wyrobów azbestowych do usunięcia



Dr hab. inż. **KATARZYNA OSIŃSKA-SKOTAK**, pro-dziekan ds. organizacji i nauki Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Ma duże doświadczenie w zakresie wykorzystania zaawansowanych technologii teledetekcyjnych w monitorowaniu i detekcji zmian, gospodarce przestrzennej, badaniach środowiska przyrodniczego, a także w archeologii. Jest m.in. członkiem: prezydium Komitetu Geodezji Polskiej Akademii Nauk, Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych przy Prezydium PAN oraz zespołu ekspertów ds. programu AZP+. Popularyzatorka nauki – inicjatorka wydarzeń Dzień Teledetekcji oraz Nauka w Służbie Ziemi, wieloletnia koordynatorka Festiwalu Nauki na Wydziale Geodezji i Kartografii PW.

wprowadzić stały monitoring, by w miarę na bieżąco śledzić, które pokrycia zostały już usunięte, a które wciąż na to czekają.

Mniej więcej dwa lata temu podjęliśmy w tym zakresie współpracę z Urzędem Marszałkowskim Województwa Mazowieckiego. Departament związany z gospodarowaniem odpadami zwrócił się wtedy do nas z pytaniem, czy dałoby się na podstawie dostępnych danych ze zdjęć lotniczych bądź satelitarnych określić stopień aktualności i zgodności ze stanem faktycznym urzędowych baz. Już nasza wstępna, pobieżna analiza przeprowadzona dla wybranych nieruchomości wykazała, że dane zawarte w Bazie Azbestowej są w znacznej części nieaktualne. Wygląda więc na to, że środki i zasoby ludzkie kierowane do walki z tym problemem są zwyczajnie za małe, by na bieżąco weryfikować i monitorować usuwanie azbestu na danym terytorium. Często w gminie jest tylko jeden urzędnik odpowiedzialny za szeroko pojętą ochronę środowiska, a obok kwestii związanych z wymianą azbestowych dachów ma on bardzo wiele innych za-

dań. Wykonywanie aktualnych raportów w takich warunkach jest nieraz zadaniem ponad siły.

Jak rozumiem, w Polsce wciąż mamy do czynienia z pokaźną ilością azbestu?

Zgadza się. Bardziej szczegółowo można się temu zagadnieniu przyjrzeć w dostępnej on-line Bazie Azbestowej. Przede wszystkim problem wciąż występuje w tych regionach, gdzie znajdowały się zakłady produkujące wyroby azbestowe i materiał był w budownictwie stosowany na szeroką skalę – na przykład w województwie mazowieckim czy lubelskim. W bazie rozróżnione są pokrycia dachowe typu „karo” – czyli płyty płaskie oraz płyty faliste, których jest najwięcej – w większości na budynkach gospodarczych. W niektórych miejscach płyt „karo” zostało już niewiele, gdyż w ich przypadku stwierdzano szybsze niszczenie i usuwano je w pierwszej kolejności. Poza pokryciami dachowymi są także azbestowe rury, złącza i jeszcze inne elementy. Niekiedy są one ukryte gdzieś głębiej, tworząc infrastrukturę budynku, i właściciele mogą nie wiedzieć, że mają u siebie taki materiał. Takie in-

formacje mogą też nie być ujawnione w dokumentacji nieruchomości.

To, co możemy wykryć za pomocą zdjęć z pułapu lotniczego bądź satelitarnego, to wykonane z azbestu pokrycia dachowe bądź drogi.

Drogi również?

Był czas, kiedy do budowy dróg używano odpadów z azbestu. Natomiast wedle mojej wiedzy takie drogi były likwidowane w pierwszej kolejności. To niezwykle istotne, ponieważ pojazdy poruszające się po drogach wzniesają pył, a to właśnie pył zawierający włókna azbestowe jest najbardziej szkodliwy dla zdrowia.

Wracając zaś do danych o pokryciach azbestowo-cementowych dostępnych w Bazie Azbestowej, to jak już wspomniałam, wciąż duży problem występuje w województwie lubelskim, a także mazowieckim, ale tu trzeba brać poprawkę na to, że zajmuje ono wyjątkowo duży obszar. Problem jest również wciąż aktualny na pozostałych obszarach kraju, choć w niektórych województwach w mniejszym stopniu.

Przybliżając obraz w serwisie on-line GeoAzbest, widzimy wręcz poszczególne dachy. Dodatkowo ich podział kolorystyczny pokazuje stopień pilności koniecznej interwencji – które pokrycia należałoby usunąć jak najszybciej, a które mają nieco niższy priorytet.

Jakich metod używamy dziś do inwentaryzacji azbestowych pokryć dachowych?

Pierwotnie taką inwentaryzację wykonywano, wykorzystując głównie wizje lokalne. Później zaangażowały się w to firmy, które stosowały ortofotomapy lotnicze i na ich podstawie wykonywano interpretację wizualną. Kilka firm się w tym faktycznie wyspecjalizowało i część gmin właśnie im zlecała inwentaryzacje dachów azbestowo-cementowych, mając świadomość, że nie zdołają wykonać tego siłami urzędników.



Na ortofotomapie widoczne pokrycie dachu płytą falistą



Pokrycie azbestowo-cementowe typu „karo”



Różnice w wyglądzie tego samego pokrycia dachowego w zależności od kąta padania promieni słonecznych

Dzisiaj do tego typu prac najczęściej wykorzystuje się właśnie zdjęcia lotnicze. Ortofotomapy lotnicze mają bowiem bardzo wysoką rozdzielczość przestrzenną, nawet na poziomie 3–5 cm, i są powszechnie dostępne. Na takich zdjęciach widać nawet to, czy mamy do czynienia

z płytą falistą, czy płaską typu „karo”. Dobrze widoczne są szczegóły pozwalające na ich odróżnienie.

Były także podejmowane próby automatyzacji rozpoznawania pokryć cementowo-azbestowych z wykorzystaniem metod klasyfikacji cyfrowej, a obecnie angażowana jest do tego również sztuczna inteligencja. Jednymi z pierwszych prac dotyczących zdalnego rozpoznawania pokryć azbestowych w Polsce były analizy zarówno moje, jak i koleżanek z Uniwersytetu Warszawskiego. Takie badania prowadzone były głównie na zdjęciach satelitarnych wysokiej rozdzielczości przestrzennej, w tym WorldView-2, ale także na ortofotomapach lotniczych. Ze zdjęciami lotniczymi jest jednak ten kłopot, że są rejestrowane tylko w czterech zakresach promieniowania, w tym w trzech widzialnych i jednym w bliskiej podczerwieni. Azbest zaś – jak wynika z badań włoskich naukowców – ma charakterystyczne właściwości spektralne w dwóch dalszych zakresach promieniowania elektromagnetycznego. Jeden to tzw. krótka podczerwień [Shortwave Infrared – SWIR], a drugi to podczerwień termalna.

W czasie, kiedy prowadziliśmy badania, satelita WorldView-2 najlepiej spełniał założenia, jeśli chodzi o zdolność dostarczenia danych odpowiednich do naszych prac – rejestrował największą zakresów spektralnych. Inne dostępne wówczas satelity dysponowały jedynie możliwością obserwacji w jednym zakresie bliskiej podczerwieni. Zobrazowania z WorldView-2 rokowały, że pokrycia azbestowe można będzie rozpoznać na podstawie ich specyficznych właściwości spektralnych.

Satelita WorldView-2 ma osiem kanałów spektralnych, natomiast dopiero WorldView-3 dysponuje możliwością obrazowania w SWIR.

Tak, ale nasze prace odbywały się przed wyniesieniem na orbitę satelity

WorldView-3, co nastąpiło w drugiej połowie 2014 roku. Nieco później pojawiły się natomiast inne próby, w tym podejmowane przez takie firmy jak Tensorflight, z którą mieliśmy okazję współpracować. W ramach swoich prac wykorzystują oni sieci neuronowe do rozpoznawania pokryć dachowych z użyciem kanałów R, G, B, ale też danych z Google Street View. Czyli w tym podejściu łączy się dane satelitarne z innymi danymi, które są dostępne dla konkretnego obszaru. Dane Street View pokazują, po pierwsze, stan dachu. Po drugie, mają naprawdę wysoką rozdzielczość, co umożliwia chociażby dostrzeżenie struktury dachu. Przykładowo pozwala to odróżnić pokrycia z płyt falistych od płyt płaskich. Przy rozdzielczościach zdjęć satelitarnych na poziomie 1 m czy 50 cm nie zawsze to widać.

Niekiedy patrząc na zdjęcie satelitarne tylko w świetle widzialnym – w kanałach R, G, B – może być trudno coś więcej powiedzieć o konkretnym dachu ponad to, że ma on na przykład szary kolor. Dlatego dane wielospektralne są w tej materii bardzo przydatne i interesujące, bo ukazują to, czego człowiek nie dostrzeże gołym okiem. Wiem, że Włosi i Amerykanie robili też sporo badań z wykorzystaniem danych hiperspektralnych pozyskiwanych z pułapu lotniczego. Mówię tu o zobrazowaniach wysokiej rozdzielczości.

Na ile precyzyjne okazały się w pani badaniach pomiary z użyciem danych satelitarnych?

Prace, które przeprowadziłam wówczas wraz z zespołem, wykazały, że dane z WorldView-2 faktycznie umożliwiają detekcję dachów azbestowych z 90-procentową poprawnością. Zostało to potwierdzone w dwóch różnych podejściach: obiektowym i typowo pikselowym – klasycznej klasyfikacji nadzorowanej. Testy te przeprowadziliśmy jedynie na kilku obszarach, więc siłą rzeczy trudno stwierdzić, czy wszystkie możliwe zmienne i elementy, jakie mogłyby wystąpić dla dużego terytorium, udało nam się uwzględnić.

Warto przy tej okazji wspomnieć, że w wyniku projektu, który realizowaliśmy wspólnie z Tensorflight, firma ta wypracowała oferowaną później na rynku gotową usługę rozpoznawania typów pokryć dachowych. W tym przypadku wykorzystane były dane R, G, B uzupełnione – jak już mówiłam – danymi z Google Street View, a osiągnięta dokładność detekcji przekraczała 90%.

Jaką zaletę satelitarnych danych wielospektralnych uwypukliły pani naukowe analizy?



Mapa pokryć dachowych dla fragmentu Wilanowa opracowana z wykorzystaniem podejścia obiektowego na podstawie zobrazowania WoldView-2 z 4 sierpnia 2011 r.

Przede wszystkim duże znaczenie okazała się mieć podcierwień. Ona dała szerokie możliwości rozróżnienia materiałów, z jakich wykonano poszczególne pokrycia dachowe. Natomiast jeśli chodzi o podejście, gdzie stosowane są tylko dane R, G, B, to tutaj znaczenie ma w pierwszej kolejności rozdzielczość przestrzenna oraz to, co można dalej uzyskać, czyli wzór – teksturę pokrycia dachowego. Chodzi o konkretny wyróżniający się wzór – inny dla płyty typu „karo”, a inny dla płyt falistych. Te dwa typy dało się z powodzeniem odróżnić z wykorzystaniem sieci neuronowych. Udało się uzyskać wzorce, które te sieci skutecznie rozpoznawały. Jeśli bowiem mówimy o dachach azbestowych, to jeden aspekt stanowi ich odcień i barwa, natomiast drugi aspekt dotyczy tego, jaką teksturę pokrycie przyjmuje na dachu. Dopiero te dwa aspekty razem dają nam pełen obraz.

Czy można powiedzieć, że wykorzystanie sztucznej inteligencji stanowi przyszłość tej dziedziny?

Bez wątplenia tak. Choć trzeba pamiętać, że pewne elementy, które my bez trudu widzimy gołym okiem i jesteśmy

w stanie rozróżnić, trudno jest zdefiniować matematycznie. Czasem powstaje pytanie, jak zdefiniować pewną strukturę pokrycia dachowego algorytmicznie. Tu pojawia się jeszcze jeden kłopot. Obraz to wszak piksele – matryce kwadratów. Dachy budynków mogą być bardzo różnie położone względem takiej matrycy. Mogą układać się wzdłuż lub w poprzek linii matrycy, mogą też być ułożone pod różnymi kątami. Zmienia się ich oświetlenie.

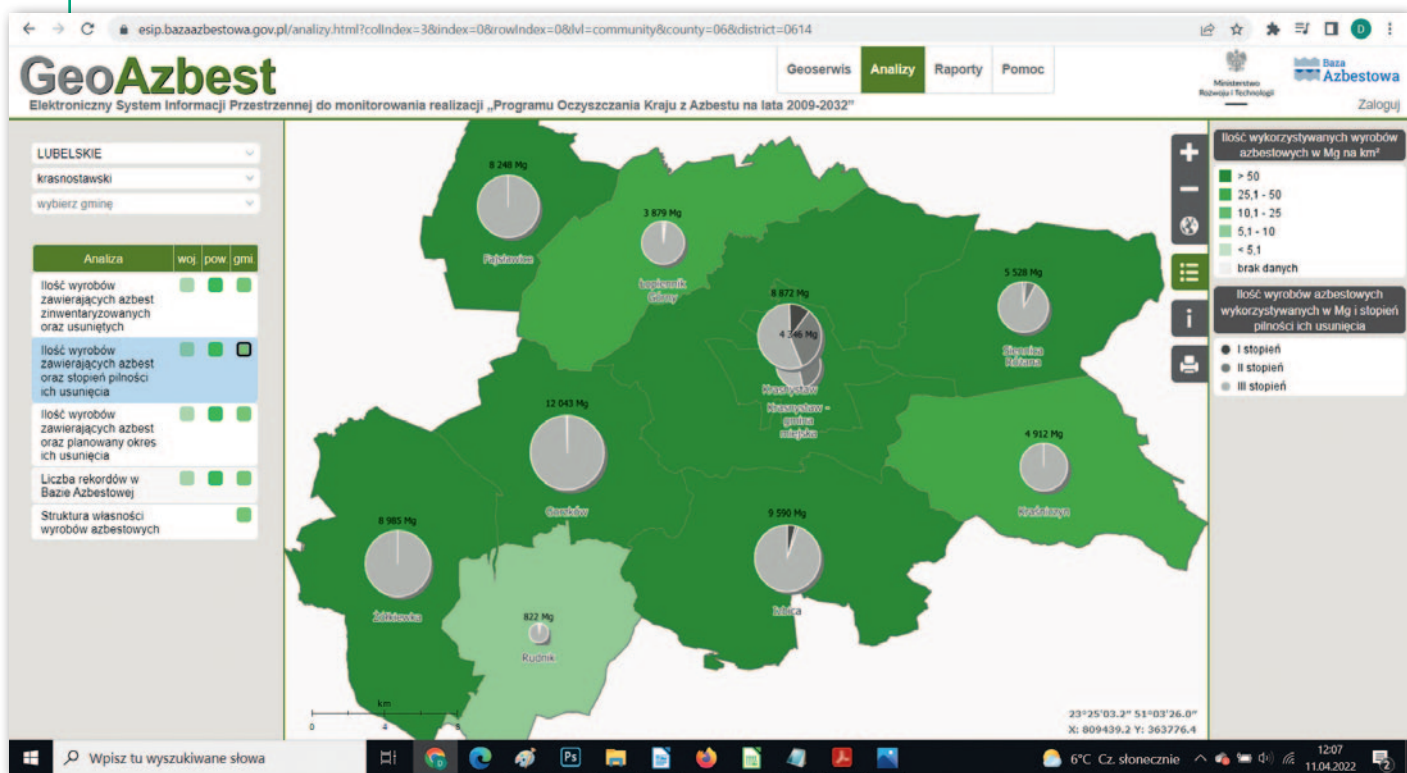
Czyli mamy do czynienia z bardzo wieloma zmiennymi?

Tak, a to powoduje, że – jak wynika z naszego doświadczenia – dla sieci neuronowych trzeba mieć naprawdę duży zbiór uczący. Zbiór ten powinien uwzględnić różnorodność sytuacji. Przy okazji naszych analiz pozyskiwaliśmy zdjęcia dachów ponad 10 tys. obiektów budowlanych rozlokowanych w różnych częściach kraju. Miało to na celu pozyskanie do zbiorów przeznaczonych do uczenia sieci neuronowych danych obejmujących szerokie spektrum różnych pokryć dachowych, w tym azbestowo-cementowych. Musiały się one cechować chociażby róż-

nym stopniem zużycia czy zniszczenia. Chodziło też o to, żeby mieć w bazie różne typy dachów i różne ich nachylenia. Bardzo ważnym aspektem jest tu również oświetlenie. To wszystko modeluje nam niejako widok danego dachu na zdjęciu.

Wyżej wymienione elementy bardzo mocno wpływają na to, czy prawidłowo rozpoznamy materiał, z jakiego wykonano konkretne pokrycie. Co więcej, dostrzegliśmy jeszcze jeden problem. Mianowicie, azbest był częstokroć malowany. W tych przypadkach nie występuje on w typowych dla tego materiału odcieniach szarości, do których jesteśmy przyzwyczajeni. Dachy takie malowano na różne odcienie koloru czerwonego.

Inny przykład: na Podkarpaciu, gdzie dużo było płyt „karo”, gospodarze malowali je we wzory – niektóre płyty na biało, niektóre na czerwono. W efekcie pokrycia wykonane z tego samego surowca nabierały bardzo różnego wyglądu. W takiej sytuacji obserwacja w R, G, B daje nam informację o tym, co jest na wierzchu, a więc de facto o samej farbie. Bardzo trudno jest wtedy



Ilość wyrobów zawierających azbest oraz stopień pilności ich usunięcia w powiecie krasnostawskim – wynik jednej z analiz w Bazie Azbestowej

odróżnić pomalowaną blachę od pomalowanego azbestu. Kiedy mamy do czynienia z tymi wszystkimi niuansami, najlepszym rozwiązaniem wydaje się zastosowanie obserwacji w różnych zakresach podczerwieni, w tym szczególnie SWIR. Ona bowiem daje jasną informację o maksimum absorpcji specyficznym dla azbestu.

Czy na przestrzeni ostatnich lat, kiedy prowadziła pani badania w tej dziedzinie, zwiększyło się zainteresowanie gmin oraz powiatów takimi rozwiązaniami?

Na pewno władze samorządowe są zainteresowane monitorowaniem skali zjawiska. Zależy im na wiarygodnej informacji o tym, czy ilość azbestowych pokryć dachowych na ich terenie się zmniejsza. Nie bez znaczenia jest tu jednakże kwestia kosztów. Pozyskiwanie wysokorozdzielczych danych satelitarnych jest dość kosztowne. Stąd implementowane przez jednostki samorządowe rozwiązania bazują raczej na danych łatwo dostępnych na poziomie krajowym, czyli na ortofotomapach lotniczych. Takie dane dla większych miast są uaktualniane przynajmniej raz w roku, zaś w przypadku pozostałych obszarów kraju raz na trzy lata. Taki okres może być wystarczający do monitorowania sytuacji względnie na bieżąco. Choć może teraz należałoby pozyskiwać dane częściej, bo do roku 2032 pozostało nam nie aż tak wiele czasu. Może się jednak zdarzyć, że takie oko-

liczności, jak pandemia COVID-19 oraz wojna w Ukrainie, które zmieniły sytuację gospodarczą, sprawią, że okres na realizację wymagań dyrektywy UE zostanie wydłużony.

Czy pani zdaniem Polska ma szansę uporać się z tym zadaniem do roku 2032?

Jest to, niestety, wątpliwe. Pokryć dachowych zawierających azbest mamy na terytorium naszego kraju wciąż jeszcze bardzo dużo. Niektóre realizowane wcześniej programy wsparcia finansowego jedynie częściowo rozwiązywały problem. Oznaczały one bowiem na ogół dofinansowanie do usunięcia dachu azbestowo-cementowego. Tymczasem po takiej operacji budynek trzeba przecież jeszcze przykryć nowym dachem.

Mieszkańcy, którzy do dziś mają pokrycia azbestowe, raczej nie są ludźmi bogatymi. Wielu z nich nie jest w stanie samodzielnie pokryć kosztu nowego dachu, w wysokości przykładowo 20–30 tys. złotych. Tym bardziej że w ostatnim czasie materiały budowlane bardzo mocno podrożały i nadal drożeją. Dlatego uporanie się z problemem azbestowo-cementowych pokryć dachowych do 2032 roku wydaje mi się nie do końca realne.

Czy rząd może uruchomić w tej dziedzinie programy podobne do takich inicjatyw, jak „Czyste powietrze” czy „Mój prąd”?

Takie programy pojawiały się już w przeszłości. Na przykład jeden z nich

bardzo prętnie realizowano w województwie lubelskim. Zaoferowano wysokie dofinansowania, a urzędnicy pomagali mieszkańcom wypełniać wnioski. Bardzo wiele dachów udało się wówczas wymienić. Fundusze na ten cel pozyskane zostały m.in. ze Szwajcarsko-Polskiego Programu Współpracy. Kontynuowany jest nadal program Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej i na początku marca br. ogłoszono kolejny nabór na wnioski dla samorządów.

Jednak powodzenie takich przedsięwzięć jest zawsze zależne od skuteczności samorządu, od tego, w jaki sposób promuje się dany program. W pewnym momencie doszło do wyraźnego zahamowania, jeśli chodzi o implementację i promowanie tego typu programów.

Jednak najważniejsze jest to, o czym już wcześniej wspomniałam: jeśli dofinansowanie oferowane jest tylko i wyłącznie na usunięcie starego dachu, to w przypadku wielu mieszkańców nie ma szans, by samodzielnie sfinansowali oni położenie nowych dachów. Takim osobom trzeba udzielać dodatkowego wsparcia. Obszarów nasyconych biedniejszymi gospodarstwami, gdzie takie podejście jest konieczne, mamy naprawdę sporo, nawet na obrzeżach Warszawy. Problem jest też wciąż aktualny na przykład dla tzw. ściany wschodniej naszego kraju.

Rozmawiał Paweł Ziemiński