

Oddziaływanie pożarów nielegalnych składowisk odpadów stałych na środowisko gleb i wód

Wzrost wytwarzania odpadów stałych to nieustanny problem na całym świecie. Ich liczba zwiększa się wraz ze wzrostem populacji. Jednocześnie, powstają nielegalne składowiska odpadów, które stanowią potencjalne zagrożenie dla środowiska oraz zdrowia mieszkańców danego terenu. Tworzone są one najczęściej w lasach, obrzeżach terenów zamieszkałych, czy prywatnych działkach i pustostanach. Powodem ich tworzenia są między innymi: brak odpowiednich obiektów do przetwarzania odpadów lub chęć taniego pozbycia się niewygodnego odpadu.

Jednym z najpoważniejszych niebezpieczeństw, jakie mogą powstać na nielegalnych składowiskach odpadów jest pożar. Zjawisko to może powstać poprzez samoistny zapłon, związany między innymi z warunkami atmosferycznymi, lub reakcją chemiczną odpadu stałego z tlenem, przeskok iskry z maszyny pracującej na składowisku oraz umyślne podpalenie przez osoby trzecie. Podpalenie ma zwykle na celu pozbycie się kosztownych do utylizacji odpadów stałych w sposób szybki i tani. Dane Państwowej Straży Pożarnej wskazują na to iż, od 2012 roku wzrasta liczba pożarów miejsc gromadzenia odpadów w Polsce z 75 przypadków do 243 w 2018 roku.

Odpady stałe, które uległy procesom niepełnego spalania podczas pożaru stają się nowym źródłem zanieczyszczeń środowiskowych, często znacznie bardziej niebezpiecznych niż substancje pierwotnie zdeponowane na składowisku. Podczas opadów dochodzi do ich wymywania z nielegalnego składowiska oraz infiltracji powstałych odcieków w głąb ziemi. W zależności od budowy geologicznej podłoża i warstwy wodonośnej tworząca się „chmura zanieczyszczeń” przemieszcza się w określony dla danego terenu sposób. Duży wpływ dla zakresu rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń ma ilość i jakość powstających odcieków, szybkość deponowania odpadów stałych na określonym terenie oraz warunki hydrogeologiczne. Konsekwencjami takich zdarzeń może być długoletnie i kosztowne zanieczyszczenie pobliskiego środowiska gruntowo-wodnego oraz dodatkowe prace związane z monitoringiem wód podziemnych na danym terenie.

Rodzaj i ilość produktów niepełnego spalania odpadów stałych zależy od typu zdeponowanych materiałów. Do najbardziej powszechnych należą takie substancje jak węglowodory alifatyczne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) i ich pochodne podstawione grupami funkcyjnymi, np. fenole i chlorowane WWA. Typ gromadzonego i spalanego odpadu stałego ma również znaczenie w przypadku substancji nieorganicznych.

Prezentowane obszary badań obejmują lokalizację: (i) w południowej części Polski (Trzebinia) oraz (ii) w południowo-zachodniej części Polski (wieś w okolicach Wrocławia). W obu przypadkach zostało pobranych kilkadziesiąt próbek glebowych oraz spalonych odpadów stałych. Dodatkowo za pomocą spalonych odpadów stałych w Trzebini przeprowadzono symulację ich wymywania, dzięki której otrzymano odcieki imitujące infiltrację wody w głąb ziemi.

Istnieją trzy podstawowe kategorie środowiskowe dla konsekwencji pożarów na nielegalnych składowiskach. Pierwszą z nich jest sytuacja, w której podczas spalania odpadów część zanieczyszczeń przedostaje się do atmosfery poprzez powstanie gęstego, ciemnego dymu

niosącego się na setki metrów poza obszar epicentrum pożaru. Poziom substancji toksycznych uwalnianych do atmosfery jest zależny od wielkości pożaru, rodzaju odpadów stałych i warunków atmosferycznych podczas zdarzenia. Następną konsekwencją jest zagrożenie dla wód podziemnych w rejonie nielegalnego składowiska odpadów. Przyczyną może być wymywanie spalonych odpadów stałych poprzez opad atmosferyczny, a następnie infiltracja tak powstałych odcieków w głąb warstwy wodonośnej. Ostatnią kwestią jest zanieczyszczenie gleby wokół terenu objętego pożarem, co może prowadzić do kosztownych oraz długotrwałych negatywnych konsekwencji. Do najczęstszych zalicza się konieczność remediacji skażonej gleby oraz wyłączenia z użytku danego terenu na wiele miesięcy. Innym bardzo poważnym skutkiem pożarów na nielegalnych składowiskach odpadów jest również zagrożenie dla zdrowia oraz życia człowieka. Wiele z zanieczyszczeń powstających podczas pożarów jest toksycznych, kancerogennych oraz mutagenicznych. Dodatkowo, mogą one prowadzić do podrażnień skóry, astmy, zawałów serca oraz niewydolności dróg oddechowych.

Przeprowadzone badania pozwoliły na zidentyfikowanie substancji organicznych wydzielających się podczas pożarów nielegalnych składowisk, gdzie zdeponowano odpady stałe o różnym pochodzeniu. W celu określenia potencjalnego zagrożenia pożarów nielegalnych składowisk odpadów na środowisko gruntowo-wodne oznaczono stężenia WWA, metylofenantrenów oraz ich wskaźniki diagnostyczne w glebach i próbkach spalonych odpadów stałych. Natomiast w otrzymanych odciekach z przemywania spalonych odpadów stałych wykryto stężenia antropogenicznych organicznych fosforanów oraz związków nieorganicznych. Dodatkowo w celu oceny zagrożenia dla zdrowia człowieka określono wskaźniki toksyczności WWA takie jak: równoważnik toksyczności RTBaP (TEQ), równoważnik mutagenności (MEQ) i kancerogenności (TCDD-TEQ) oraz negatywny skutek WWA ($\Sigma WWA_{\text{carc}}/\Sigma WWA$).

Wyniki sumy stężeń WWA (ppm/g gleby) ze składowisk wykazują stosunkowo większą ich zawartość w próbkach glebowych, niż w próbkach spalonych odpadów stałych najprawdopodobniej ze względu na silną akumulację zanieczyszczeń spowodowaną pożarem. Natomiast niższe sumy stężeń WWA w próbkach spalonych odpadów stałych mogą wskazywać na niższą temperaturę zapożarowania, a co za tym idzie mniej intensywny proces spalania. Wyniki z użytych do obliczeń współczynników diagnostycznych WWA wskazują, iż pożar na nielegalnych składowiskach odpadów miał potencjalny wpływ na zanieczyszczenie pobliskiego środowiska przyrodniczego. Jednakże, należy również zwrócić uwagę na aspekt wieloletniego zanieczyszczania terenów czynnikami zewnętrznymi tych terenów. Wskaźnik MEQ w obu przypadkach pożarów (poza próbką glebową S5S) nie wykazywał zagrożenia dla człowieka w dalszej odległości. Maksymalna wartość $\Sigma WWA_{\text{carc}}/\Sigma WWA$, jaką zaobserwowano w badanych próbkach, wynosiła 0.487. Oznacza to średni stosunek zagrożenia kancerogennych WWA dla zdrowia człowieka, gdzie najwyższy stosunek zagrożenia wynosi 1. Jednakże, przy ogólnie wysokim poziomie stężeń WWA w badanych glebach, należy zachować szczególne środki ochrony osobistej (strój ochronny, rękawiczki, maska) podczas prac na tych terenach, szczególnie w sytuacji, gdy ogólny poziom WWA jest wysoki. Nie stwierdzono obecności WWA w badanych próbkach odcieków ze spalonych odpadów stałych, co wynika z ich słabej rozpuszczalności w wodzie.

Podczas badania metylofenantrenów wykryto wysokie wyniki R_c ponad 2.0 w próbkach glebowych z obu terenów badawczych. Może to wskazywać po raz kolejny o silnie akumulowanych zanieczyszczeniach organicznych w glebie na terenie składowiska i jego

poblizu, spowodowane pożarem. Natomiast wskaźnik R_c w próbkach spalonych odpadów stałych występował w większości przypadków w granicach ok. 2.0 i niżej. Sugeruje to miejsca, w których dochodziło do niecałkowitego ich spalania najprawdopodobniej przy zmniejszonym dostępie do tlenu. Jednakże średnie wartości MPI-3 i MPI-1 mogą odpowiadać wysokotemperaturowym przemianom termicznym próbek. Nie zaobserwowano wyników R_c w przedziale 0.7-0.9, który mógłby wskazywać na czynnik zanieczyszczenia ze spalania węgla w domach prywatnych i ruchu samochodowego lub odpady ropo- i węglowodopochodne nieprzeobrażone termicznie. Wyniki te wskazują, że zanieczyszczenia organiczne obecne w badanych próbkach związane są z pożarem nielegalnego składowiska odpadów.

W ośmiu odciekach ze spalonych odpadów stałych wykryto trzy związki fosforoorganiczne: TCPP – fosforan tris(2-chloroizopropylu), TPP – fosforan trifenylu i TCEP – fosforan tris(2-chloroetylu). Związki fosforoorganiczne są stosunkowo dobrze rozpuszczalne w wodzie. Oznacza to, że stanowią potencjalne zagrożenie dla skażenia wód podziemnych na tego typu obszarach. TCPP wykryto w odciekach spalonych czarnych gum, gąbek oraz tapet. Jednakże, jego największe stężenie wykryto w odciekach z próbek spalonych tekstyliów T8.L (0.037 $\mu\text{g/l}$) i T9.L (0.671 $\mu\text{g/l}$). Z kolei stężenie TPP było największe w odciekach ze spalonych tapet T7.L (0.024 $\mu\text{g/l}$). TCEP dominowały w dwóch próbkach odcieków ze spalonych czarnych gum T4.L (0.902 $\mu\text{g/l}$) i T5.L (1.366 $\mu\text{g/l}$). Nie wykryto żadnych OPEs w odciekach ze spalonych zużytych opon. Substancje te dla człowieka są niebezpieczne ze względu na drażniące działania na skórę, oczy oraz należą do związków kancerogennych.

Badane odcieki spalonych odpadów stałych były najbardziej zanieczyszczone głównie przez jony takie jak: siarczany i chlorki. Spośród metali ciężkich największe stężenie zanotował cynk. Najwyższe stężenia zanieczyszczeń zaobserwowano w próbkach WR5.O i WR8.O. Są to głównie próbki spalonych czarnych gum oraz tekstyliów. Zawartości siarczków w tych próbkach przekraczały 1000 mg/l oraz chlorków odpowiednio: 85 i 320 mg/l. Próbka WR5.O miała również wysokie stężenie cynku 100 mg/l, natomiast WR8.O ponad 50 mg/l. Stężenia pozostałych badanych metali ciężkich: arsenu, boru, ołowiu, kadmu oraz miedzi były stosunkowo niskie w badanych próbkach odcieków. Najprawdopodobniej w efekcie pożaru sole przeszły w formy tlenkowe, które w większości są słabo rozpuszczalne w wodzie. Dodatkowo nie można stwierdzić, że w efekcie pożaru czystych metali tworzą się rozpuszczalne ich formy. Kolejną kwestią jest znikoma zawartość metali ciężkich w tego rodzaju badanych próbkach odpadów stałych. Mogą one mieć pochodzenie najprawdopodobniej z rusztowania znajdującego się wewnątrz zużytych opon, beczek aluminiowych w przypadku magazynowania tych odpadów stałych w nich. Można stwierdzić iż, otrzymane odcieki z wmywania spalonych odpadów stałych w Trzebini mają lepszą jakość od innych odcieków.

Požary na nielegalnych składowiskach odpadów stanowią poważne zagrożenie dla środowiska gruntowo-wodnego oraz pobliskich mieszkańców ze względu na ich nieprzewidywalny przebieg oraz braku wiedzy na temat odpadów stałych, jakie znajdują się na danym terenie. Obszary te dodatkowo nie są niczym zabezpieczone od podłoża, co prowadzi do infiltracji substancji z zalegających spalonych odpadów stałych i migracji związków organicznych, nieorganicznych w odciekach do warstwy wodonośnej. Konsekwencją pożarów jest również migracja zanieczyszczeń do atmosfery, które można znaleźć w znacznej odległości od epicentrum pożaru składowiska.

Miejsce potencjalnego pożaru nielegalnego składowiska odpadów oraz rodzaj odpadu zalegającego na nim ma wpływ na ostateczny poziom zanieczyszczenia pobliskiego terenu. Odpady pochodzenia ropopochodnego są większymi emitorami cięższych WWA, co stanowi większe zagrożenia dla środowiska oraz zdrowia człowieka.

Zalecane jest prowadzenie stałego monitoringu terenów nielegalnych składowisk odpadów po pożarach pod względem potencjalnego wpływu zanieczyszczenia na środowisko przyrodnicze. Proponuje się pobór próbek glebowych z centrum, jak i otoczenia spalonego nielegalnego składowiska. Ma to określić siłę oddziaływania zanieczyszczeń i ustalić możliwą konieczność remediacji terenu celem uniknięcia wysokich kosztów w przyszłości. W przypadkach dużych obszarów nielegalnych składowisk odpadów, gdy nie jest możliwe ich szybkie usunięcie zaleca się zamontowanie lizymetrów w celu stałego monitorowania zanieczyszczeń mogących przedostać się do warstwy wodonośnej.

W ramach przyszłych badań dotyczących nielegalnych składowisk odpadów stałych po pożarze planuje się przebadanie gruntów na terenach których znajdowały się uprzednio spalone odpady. Pozwoli to określić możliwy długotrwały wpływ pozostałości zanieczyszczeń w środowisku i ich ciągłe oddziaływanie. Dodatkowo planowane jest przeprowadzanie kontrolowanych spalań wybranych rodzajów odpadów stałych celem określenia możliwych zanieczyszczeń jakie mogą powstać oraz w konsekwencji przedostać się do środowiska gruntowo-wodnego.