

ZIELONA PLANETA



6(171)



**Dwumiesięcznik
Dolnośląskiego Klubu Ekologicznego**

KOLEGIUM REDAKCYJNE:

Włodzimierz Brząkała
Krystyna Haładyn - redaktor naczelna
Maria Kuźniarz
Aureliusz Mikłaszewski
Maria Przybylska-Wojtyszyn
Bogusław Wojtyszyn

KOREKTA:

Maria Przybylska-Wojtyszyn

OPRACOWANIE GRAFICZNE:

Bogusław Wojtyszyn

TYPOGRAFIA I SKŁAD:

MAYDAY Wojciech Ziółkowski
www.mayday-mayday.pl
biuro@mayday-mayday.pl

WYDAWCA:

Dolnośląski Klub Ekologiczny
ul. Marszałka J. Piłsudskiego 74, pok. 226
50-020 Wrocław

ADRES REDAKCJI:

51-168 Wrocław
ul. Sołtysowicka 19b - niski parter
www.ekoklub.wroc@gmail.com
tel. +48 71 347 14 44

KONTO BANKOWE:

62 1940 1076 3116 0562 0000 0000
Credit Agricole Bank Polska SA

WERSJA INTERNETOWA CZASOPISMA:

www.ekoklub.wroclaw.pl

Redakcja zastrzega sobie prawo wprowadzania skrótów w tekstach autorskich.

Za zawartość merytoryczną tekstów odpowiadają autorzy.

Przedruk lub inny sposób wykorzystania materiałów możliwy jest tylko za zgodą Redakcji.



Z okazji Świąt Bożego Narodzenia i Nowego Roku, wszystkim Członkom i Sympatykom DKE oraz Czytelnikom „Zielonej Planety” życzenia zdrowia, szczęścia, pomysłowości oraz sukcesów w pracy zawodowej i działalności na rzecz ochrony środowiska składa Zarząd DKE i Kolegium Redakcyjne „Zielonej Planety”

SPIS TREŚCI NUMERU

FORUM EKOLOGICZNE

| | |
|---|----|
| Węglowa lekcja <i>Aureliusz Mikłaszewski</i> | 3 |
| Biomasa drzewna – paliwo dla zabudowy rozproszonej <i>Krystyna Kubica</i> | 7 |
| Płytką geotermia dla miasta Wrocławia <i>Wiesław Kozdrój</i> | 12 |
| Radon niewidzialny kolega w pracy, nieproszony gość w domu <i>Lidia Fijałkowska-Lichwa</i> | 16 |
| Paulownia (Oxytree) – słowo w dyskusji <i>Marek Liszewski, Przemysław Bąbelewski</i> | 20 |

SPOTKANIA Z PRZYRODĄ

| | |
|---|----|
| Spotkania z przyrodą. Cz. 21. Przedzimmie <i>Zbigniew Jakubiec</i> | 25 |
|---|----|

Kod QR



Zeskanuj kod oraz czytaj najnowsze i archiwalne numery Zielonej Planety

Okładka:



Fot. Krystyna Haładyn



Publikacja dofinansowana ze środków
Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu

Poglądy autorów i treści zawarte w publikacji
nie zawsze odzwierciedlają stanowisko WFOŚiGW we Wrocławiu



WĘGLOWA LEKCJA

Aureliusz Mikłaszewski

Węgiel jest najbardziej emisyjny ze wszystkich paliw kopalnych. Unia Europejska i Polska odchodzą od węgla. Jednak podczas kryzysu energetycznego spowodowanego pandemią, wojną na Ukrainie i wzrostem cen paliw, wiceprzewodniczący Komisji Europejskiej – Frans Timmermans, powiedział, że „do węgla musimy na chwilę powrócić”, a także, co rok wcześniej byłoby nie do pomyślenia, że „przedłużenie funkcjonowania elektrowni węglowych nie jest sprzeczne z celami polityki klimatycznej UE”.

WYCHODZENIE PRZEZ WRACANIE

Wygląda na to, że aby z węgla wyjść, co stale deklaruje Unia Europejska (UE), a szczególnie Niemcy, trzeba do niego powrócić. Niemcy po rezygnacji z energii atomowej (15.04.2023 r.) zwiększyli moc elektrowni węglowych. Węgiel kamienny importują, a węgla brunatnego, najbardziej emisyjnego, wydobywają najwięcej w UE, ok. 42%. Polska znacznie mniej, bo tylko 15%. W UE węgiel przestał być paliwem ograniczanym i Polska mająca energetykę opartą na węglu (ok. 79%) ma możliwość utrzymania elektrowni węglowych, niespełniających warunku emisyjności 550 g CO₂/kWh do roku 2028. Pierwotnie miał to być rok 2025.

W Polsce wskaźnik emisyjności dla energii elektrycznej wytworzonej ze spalania paliw wynosi 761 kg CO₂/MWh, a dla odbiorcy końcowego – 708 kg ze względu na udział OZE w dostarczaniu prądu dla odbiorcy końcowego (KOBiZE, 2021) i stopniowo spada.

Skąd więc ten akceptowany przez UE powrót do węgla? Stan zagrożenia spowodował zmianę priorytetów. Rezygnacja z rosyjskich węglowodorów i zakłócenie dostaw z innych kierunków spowodowały obawę przed niedoborem energii niezbędnej do funkcjonowania gospodarki czy do ogrzewania mieszkań w zimie. Na pierwszy plan wysunęło się bezpieczeństwo energetyczne, pewność dostaw, a ochrona atmosfery i nawet koszty paliw zeszły na dalszy plan. Okazało się, że

na trudności bardziej odporne są gospodarki silne, dające społeczeństwu pewność dostaw energii niż ograniczające emisje, ale słabe ekonomicznie. Aby z węgla (na dobre) wyjść, trzeba... do niego (na chwilę) wrócić.

DAĆ, KIEDY JEST POTRZEBNY

Taka sytuacja miała miejsce jesienią przed sezonem grzewczym 2022/2023. Wcześniej, 15 marca 2022 r. Polska wprowadziła embargo na import węgla z Rosji, UE zrobiła to dopiero w sierpniu 2022 r. Import obejmował węgiel opałowy dla gospodarstw domowych i lokalnych kotłowni w województwach ściany wschodniej i wynosił ok. 9,4 mln ton („Zielona Planeta” nr 4(169)/2023). Przed embargiem wjechało już do Polski ok. 3 mln ton węgla, dzięki termomodernizacji i oszczędzaniu brakujące 6,3 mln ton zmalało do ok. 5,5 mln ton (Ministerstwo Środowiska). Polskie kopalnie nastawione na ograniczanie wydobycia nie były w stanie wydobyć takiej ilości ponad plan. Sytuacja nabrała wydźwięku politycznego i tytuły niektórych gazet straszyły, że tej zimy będziemy marzli. Poprzednio zwracano uwagę, że Polska nadal węgiel z Rosji importuje, a gdy embargo wprowadzono, twierdzono, że węgla na zimę zabraknie. Zareagował rynek – składy węgla opustoszały i ceny skoczyły z kilkuset zł/tonę do 3 500 zł/tonę, a lokalnie nawet więcej (rekord to 4500 zł/tonę). W powszechnym odczuciu tu i teraz potrzebny był węgiel, a nie argumenty prze-

ciwko jego spalaniu. Nie protestowali nawet aktywiści ekologiczni stawiający często radykalne, nierealne do spełnienia warunki. Oczywiście, była świadomość, że spalanie kilku milionów ton węgla wpłynie na pogorszenie jakości powietrza, ale wybór społeczny był jednoznaczny – nie chcemy marznąć w zimie.

UDAŁO SIĘ

Jesienią roku 2022 w skali dotychczas nieznaney ruszył import węgla do Polski. Sprowadzono go aż z 17 kierunków, m.in. z Australii, Kolumbii, RPA i Indonezji, łącznie ok. 12,5 mln ton dla zaspokojenia potrzeb ciepłownictwa i częściowo dla energetyki. To był duży wysiłek logistyczny – z węglem przyłynęły 242 statki, węgiel rowoziło ok. 3 300 pociągów i ponad 150 tys. ciężarówek (wg wicepremiera – kwiecień 2023). Węgiel był, ale... zabrakło woli politycznej burmistrzów i prezydentów niektórych miast, którzy odmówili lub ociągali się z dystrybucją węgla. Tłumaczyli się brakiem składów, sprzętu, jakby nigdy dotychczas tego nie robiono. Zanosilo się, że węgiel będzie, ale niedostępny przez urzędnicze (i polityczne) ograniczenia. Bariere niechęci przełamało zarządzenie: gminy mogą importowany węgiel kupować po 1500 zł/tonę, a sprzedawać po nie więcej niż 2000 zł/tonę. 500 zł różnicy w cenach za tonę pokrywało z nawiązką koszty organizacji dystrybucji. Sprzedaż/dystrybucja ruszyła, początkowa



Fot. 1. W Polsce fotowoltaika stanowi 55,81 % zainstalowanej mocy OZE. Fot. Aureliusz Mikłaszewski

reglamentacja; trzy tony w roku 2022, trzy tony w następnym, okazała się zbyt duża. Stracili (a właściwie nie zarobili tyle, ile planowali) właściciele prywatnych składów węgla, którzy wywindowali ceny zbyt wysoko, i z nimi... zostali. W maju 2023 r. węgiel sprzedawany był po 1 700 zł/tonę bez ograniczeń.

Do ostatecznego rozwiązania problemu zaopatrzenia w węgiel przyczyniła się Polska Grupa Górnicza SA, która:

- ◆ uruchomiła największy w Polsce i Europie e-sklep internetowej sprzedaży węgla do ogrzewania mieszkań;
- ◆ w roku 2021 e-sklep miał ok. 21 tys. klientów (przeważnie tzw. ekogroszek w workach), a w roku 2022 – ponad milion klientów;
- ◆ sprzedaż wyniosła ok. 1,5 mln ton węgla dla 500 tys. gospodarstw domowych.
- ◆ zbudowano nową sieć Kwalifikowanych Dostaw Węgla (KDW, czerwiec 2022 r.)
- ◆ wybrano ok. 100 firm partnerskich, by skład opału był bliżej odbiorcy –

w sierpniu 2023 r. było już 187 składów węgla, które oferowały:

- ◆ polski węgiel dobrej jakości,
- ◆ najniższe opłaty transportowe, a nawet darmową dostawę,
- ◆ wykluczeni cyfrowo uzyskują pomoc w KDW,
- ◆ letnie promocje – upust 400 zł/tonę przy drugim zamówieniu,
- ◆ obniżka ceny grubego węgla do ok. 1100 zł/tonę.
- ◆ To spowodowało, że początkowo groźnie wyglądający problem braku węgla do ogrzewania został rozwiązany.

HISTORIA LUBI SIĘ POWTARZAĆ

Ale nie musi. Jesteśmy bogatsi o doświadczenia z węglem w minionym sezonie grzewczym i ubożsi o koszt importu węgla szacowany na ok. 20 mld zł. Pozostaje do rozwiązania problem – czy wystarczy wzrost krajowego wydobycia, czy konieczny będzie import węgla? Na te pytania trudno dziś odpowiedzieć, gdyż nie znamy dokładnie potrzebnej, brakującej ilości węgla, ale dotychczasowe doświadczenia wskazują, że:

- ◆ wg Ministerstwa Aktywów Państwo-

wych w gminach zostało 97 tys. ton niesprzedanego węgla;

- ◆ w gospodarstwach i ciepłowniach zostały pewne zapasy węgla – łagodna zima spowodowała, że zużyto go mniej;
- ◆ termomodernizacja, ocieplenie domów, zainstalowane OZE (fotowoltaika, wiatraki, pompy ciepła) spowodowały, że z roku na rok mniej potrzeba węgla do ogrzewania;
- ◆ modernizacja kotłów, nawyki oszczędzania przyczyniły się do spadku zużycia węgla;
- ◆ polskie kopalnie są w stanie, bez większych nakładów, wydobyć więcej węgla.

DOŚWIADCZENIA POMAGAJĄ W PLANOWANIU

Wymienione wyżej fakty wskazują, że tego roku nie będzie potrzebny duży import węgla. Wg Ministerstwa Aktywów Państwowych, polskie kopalnie dostarczą prawie 5 mln ton węgla opałowego, a ok. 2 mln ton będzie pochodziło z importu. Tendencje do ograniczania ilości węgla do wskazują, że w przyszłości import węgla w ogóle nie bę-

dzie potrzebny mimo spadającego wydobycia w polskich kopalniach.

Węglowa lekcja pokazała, że z kryzysem jest w stanie poradzić sobie silna gospodarka, którą stać na interwencyjny import oraz zapewnienie społeczeństwu stabilnych dostaw węgla do ogrzewania i prądu elektrycznego. Ale ogrzewanie węglem na dłuższą metę podobnie jak pozyskiwanie prądu głównie z węgla muszą ulec zmianie na korzyść źródeł nisko lub bez emisyjnych. Transformacja energetyczna kosztuje, a doświadczenia z zapewnieniem ogrzewania i prądu z węgla pokazały, że w czasie zagrożeń bezpieczeństwo energetyczne jest priorytetem, który może zapewnić społeczeństwu silną gospodarkę. To samo dotyczy dążenia do eliminacji węgla i obniżenia emisyjności bez narażania społeczeństwa na skokowy wzrost cen energii. Taki sposób postępowania zapewni akceptację społeczną, niezbędną do przeprowadzenia transformacji. Węglowa lekcja pokazała, że jest to możliwe.

WIĘKSZA SKALA

Zdobyte doświadczenia powinny być wykorzystane przy transformacji energetycznej. Dotyczy to również węgla, ale w znacznie większej skali niż zagrożenie jego brakiem w sezonie grzewczym 2022/2023. Chodzi o przejście energetyki węglowej na OZE, ale bez utraty ciągłości bezpieczeństwa energetycznego. Konieczna jest analiza możliwości wzrostu udziału OZE wraz z horyzontami czasowymi trwałego zastąpienia węgla. W tym okresie, przez wiele lat konieczne będzie zapewnienie dostaw energii z o połowę mniej emisyjnego gazu ziemnego lub nadal z węgla. Zdecydują ceny wytwarzania energii z węgla i gazu oraz emisyjność.

ZIELONE ŚWIATŁO DLA ELEKTROWNI WĘGLOWYCH?

Wspomniane wypowiedzi komisarza UE Fransa Timmenmansa wskazują na zgodę UE na wydłużenie rynku mocy dla polskich elektrowni węglowych. Przewiduje się możliwość utrzymania pracy elektrowni, które nie spełniają unijnego standardu emisji 550 g CO₂/kWh. Miały one zakończyć pracę w roku 2025, teraz będzie to rok 2028, a kontrakty mocowe będą przyznawane poprzez aukcje jako jednoroczne. To zmiana



Fot. 2. Takiego węgla mogło zabraknąć w zimie 2022/23. Fot. Aureliusz Mikłaszewski

dotychczasowego stanowiska UE i szansa na (zgodnie z wypowiedzią o powrocie do węgla „na chwilę”) zyskanie przez Polskę czasu na dłuższe utrzymanie energetyki węglowej, ale też i czas na zwiększenie ilości OZE w miksie energetycznym.

WZROST OZE

- ◆ Moc zainstalowana w fotowoltaice w maju 2023 r. wynosiła 13 925 MW, wg Agencji Rynku Energii (ARE), w ciągu roku od maja 2022 r. wzrosła o prawie 38%.
- ◆ Moc zainstalowana farm wiatrowych w maju 2023 r. wynosiła 8760,5 MW (wg ARE) i w ciągu roku wzrosła o 19,2%.

Polskie Sieci Energetyczne szacują, że łączna moc przeznaczonych do wyłączenia elektrowni węglowych to ok. 3 500 MW i mimo dynamicznego przyrostu mocy OZE nie będą one w stanie zastąpić stabilnych elektrowni węglowych i gazowych. Stabilnych, lecz bardzo emisyjnych (węglowe) lub mniej emisyjnych (gazowe), ale jednak spalających paliwa kopalne.

Mocy zainstalowanej OZE nie można porównywać z mocą elektrowni spalających węglowodory, gdyż są one bardzo zmienne w czasie — panele EV są efektywne tylko przez część dnia, a wiatraki — gdy wieje. Niezbędne są więc duże magazyny energii,

m.in. elektrownie szczytowo-pompowe, by przechowywać energię z OZE, gdy jest jej nadmiar w systemie. Do tego czasu warunk utrzymania bezpieczeństwa energetycznego skłania do zachowania (jeszcze przez czas niezbędny do przejścia na OZE) elektrowni węglowych.

KOSZTY POZYSKANIA ENERGII

Polska ma własne złoża węgla i wg prof. Władysława Mielczarskiego z Politechniki Łódzkiej nie można sobie pozwolić na zbyt szybkie likwidowanie kopalń i zamiast płacić za tonę węgla 500-700 zł kupować go za ok. 300 dolarów/tonę od dostawców zagranicznych. Obecnie energia z własnego węgla jest tania i wynosi ok. 300-400 zł za 1 MWh plus koszty emisji CO₂ – ok. 500 zł/MWh. Ten paropodatek (koszty emisji) pozostaje w budżecie państwa – ok. 30 mln zł rocznie. Ze względów technicznych koszt eksploatacji węgla będzie wzrastał (większa głębokość kopalń, trudniejsze warunki geologiczne, wyższe zużycie energii na wydobycie) i zbyt wolne przechodzenie na OZE będzie bardziej kosztowne.

Dynamiczny przyrost instalacji fotowoltaicznych pokazuje, że opłacalne projekty (wspierane przez WFOŚiGW) są społecznie akceptowalne. Wg Rynku Elektrycznego na koniec maja 2023 łączna zainstalowana moc fotowoltaiki w Polsce wynosiła 13 925,8 MW.

Na ten wynik składa się głównie moc mikroinstalacji prosumenckich w ok. 1,3 mln gospodarstw domowych, których udział wynosi ok. 76% wszystkich instalacji.

SKUTKI WOJNY WPŁYWAJĄ NA PAKIET

Węglowa lekcja pokazała, że w czasie zagrożeń na pierwszy plan wysuwa się zdecydowanie zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego, energii po godziwej cenie dla społeczeństwa. Pokazała też przewagę rozwiązań realnych, możliwych technicznie nad zobowiązaniami, których realizacja jest trudna, czasem wręcz niemożliwa przy obecnym stanie systemu elektroenergetycznego. Z takimi problemami mierzą się obecnie kraje UE, a szczególnie Polska z energetyką opartą na węglu kamiennym i brunatnym.

Przyjęty przez UE pakiet „Fit for 55” powstał przed wojną na Ukrainie, w czasach względnego spokoju na rynkach energii i możliwości długookresowego planowania zmian w energetyce dla jej całkowitej dekarbonizacji.

Pakiet zakłada:

- ◆ osiągnięcie neutralności klimatycznej do roku 2050. Emitowanie gazów cieplarnianych (GHG) ma być zrównoważone przez pochłanianie – wychwytywanie CO₂ lub asymilowanie przez lasy;
- ◆ do roku 2030 emisje GHG z krajów UE powinny być zmniejszone o 55% w stosunku do emisji z roku bazowego 1990. Poprzedni cel to 40%;
- ◆ udział energii ze źródeł odnawialnych do roku 2030 powinien wzrosnąć do 40%. Poprzedni cel to 32%;
- ◆ rozszerzenie systemu opłat za emisję CO₂ na transport drogowy, żeglugę morską, lotnictwo i budownictwo (będzie podlegało odrębnemu systemowi).

To są bardzo ambitne, ale trudne zadania, których koszt realizacji w Polsce szacowany jest na ok. 2,4 biliona zł (Raport Banku PKO S.A.). W okresie pokoju narzędziem prowadzącym do realizacji transformacji miała być gospodarka rynkowa.

RYNEK ENERGII NIE DZIAŁA...

... bo go nie ma. Jego funkcjonowanie i zdolności regulacyjne ograniczyły znacznie decyzje Komisji Europejskiej. Najpierw był to system handlu emisjami CO₂, a koszty emisji stały się jednym ze składników kosztu energii. Dodatkowo UE wprowadziła (dla szybszego rozwoju) subsydiowanie energii z OZE, co kompletnie zmieniło efekty ekonomiczne i rozregulowało rynek, który zamiast pełnić rolę regulatora cen, sam został „regulowany” przez czynniki polityczne i gospodarcze (obciążania energii ze spalania węglowodorów opłatami za emisję CO₂ i dotacje do OZE). Po wybuchu wojny na Ukrainie i związanymi z nią skokowymi wzrostami cen paliw, kraje UE wdrożyły cenowe tarcze ochronne, zapewniające ludności znacznie mniejsze niż giełdowe ceny energii. Wszystkie te dotacje miały swoje uzasadnienie i rezygnacja z nich wiązałaby się ze społecznymi protestami. Wygląda na to, że ten brak rynku i zastąpienie go cenami ustalonymi przez czynniki polityczne i ekonomiczne utrzyma się dłużej. W tej sytuacji może okazać się, że konieczna jest weryfikacja możliwości realizacji ograniczeń emisyjnych i udziału OZE zawartych w programie „Fit for 55”.

CO POWINNO BYĆ PRIORYTETEM?

Lekcja węglowa pokazuje, że bezpieczeństwo energetyczne, to nie jak przed wojną na Ukrainie, obniżenie emisji CO₂. Teraz wymaga przedstawienia ze strony członków UE aktualnych planów realizacji postanowień pakietu. Dzisiaj trudno planować wielkości emisji i daty ich realizacji, podobnie jak udziału OZE w miksie energetycznym. Na pewno konieczne będzie zróżnicowanie zobowiązań redukcji emisji i udziału OZE przez poszczególne kraje, a szczególnie przez Polskę, mającą aż ok. 70% udziału węgla w wytwarzaniu energii elektrycznej.

Osiągnięcie celów pakietu „Fit for 55” będzie musiało zostać urealnione poprzez uwzględnienie w jego realizacji nowych warunków związanych z wojennymi perturbacjami, w tym cenowymi, ale także z uwzględnieniem barier technicznych, dotychczas nieco pomijanych.

STARY – NOWY PROBLEM

W wielu krajach, w których przybyło źródeł OZE, w tym w Polsce, wyłonił się problem technicznych możliwości przyłączenia do sieci tak dużych ilości OZE, jaka wynikałaby z unijnych planów. W Polsce ten problem wystąpił wyraźnie w roku 2022. Boom fotowoltaiczny zaskoczył swoją dynamiką, wzrosła bardzo ilość prosumentów, ale wg Urzędu Regulacji Energetyki w roku 2022 operatorzy sieci ponad 7 tys. razy odmówili przyłączenia do sieci źródeł odnawialnych. Sam przyrost OZE nie gwarantuje, że spadnie emisja CO₂ i wzrośnie udział OZE w miksie energetycznym. Konieczne jest długofalowe modernizowanie sieci, budowanie magazynów energii by system energetyczny mógł przyjmować przyłączane źródła OZE od prosumentów, bez zagrożenia dla jego stabilności. Z takim zagrożeniem stabilności mieliśmy do czynienia w lipcu 2023, gdy Polskie Sieci Energetyczne musiały wyłączyć część OZE (są najłatwiejsze do wyłączenia), gdyż ich (zmienna) podaż zagrażała stabilizacji pracy systemu. Obecnie możliwości przyłączenia to 3 000 MW mocy OZE. To niewiele wobec perspektyw przyłączenia w niedalekiej przyszłości mocy kilka razy większych. Przed podobnymi problemami stoją inne kraje UE, tym bardziej że nowe propozycje Parlamentu UE to 42,5% udziału OZE w unijnym miksie energetycznym.

WYKORZYSTAĆ DOŚWIADCZENIE

Priorytet bezpieczeństwa energetycznego i konieczność utrzymania niższych cen energii dla odbiorców wymagają wieloletnich inwestycji liczonych w wielu miliardach euro. Są one jednak konieczne, gdyż droga energia spowoduje spadek konkurencyjności gospodarki wobec Azji i USA. Ich wielkość w stosunku do PKB krajów UE (w tym Polski) będzie przesądzała o wielkości dotacji związanych z obniżaniem emisyjności m.in. poprzez likwidację energetyki węglowej czy gazowej. Ale tempo tych zmian i wielkość inwestycji pokażą w jakim stopniu realna jest realizacja pakietu „Fit for 55” w każdym kraju UE. Doświadczenia i wnioski z lekcji węglowej pozwolą na realne zaplanowanie i wykonanie zobowiązań klimatycznych.

dr inż. Aureliusz Mikłaszewski

BIOMASA DRZEWNA

paliwo dla zabudowy rozproszonej

Krystyna Kubica

Większość gospodarstw wiejskich w sektorze komunalno-bytowym, szczególnie tych rozproszonych, w dalszym ciągu stosuje do ogrzewania węgiel kamienny – paliwo kopalne. Emisyjność węgla spalane w piecach i kotłach domowych starej konstrukcji powoduje obciążenie atmosfery produktami spalania, stanowiącymi zanieczyszczenia środowiska. Przyczynia się też, szczególnie w zimie, do tzw. niskiej emisji zagrażającej zdrowiu mieszkańców.

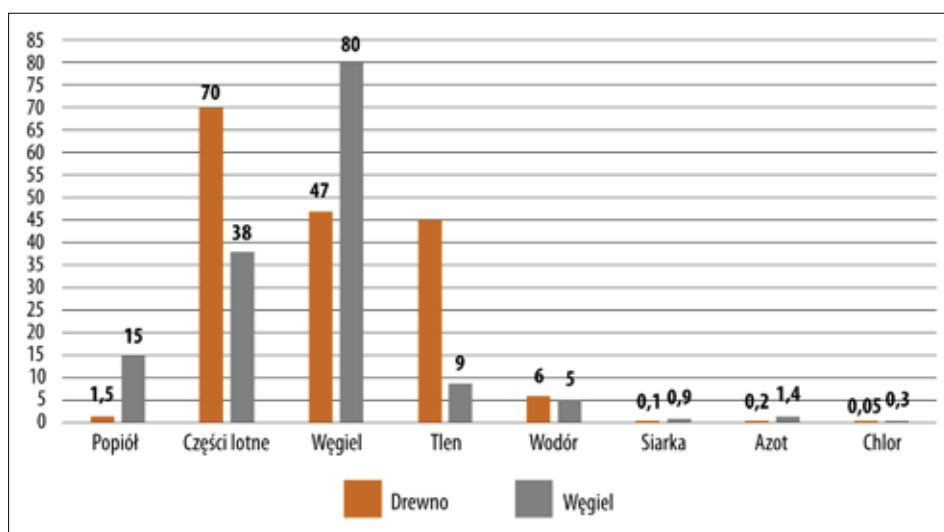
BIOMASA – STAŁE BIOPALIWA

Biomasę zasadniczo definiuje się jako produkty ulegające biodegradacji, części produktów, odpady oraz pozostałości pochodzenia biologicznego. W szerszym ujęciu biomasa to cała istniejąca na naszej planecie materia organiczna, zarówno pochodzenia zwierzęcego, jak i roślinnego. Biomasa stała pochodzenia drzewnego jest najstarszym, najłatwiejszym do pozyskania oraz najszerszej wykorzystywanym odnawialnym źródłem energetycznym (OZE). Biomasa drzewna, podobnie jak węgiel, zaliczane są do paliw stałych, mają zbliżony skład pierwiastkowy (C, H, N, S, O), różnią się jednak zasadniczo ich udziałem (Rys.1).

Biomasa drzewna przetwarzana jest do stałych biopaliw przy użyciu metod fizycznych, do wykorzystania w celach energetycznych w formie drewna opałowego (szczap, polana), pellet, brykietów i zrębek. W przypadku paliw stałych, tym samym stałych biopaliw, zauważalne różnice obejmują również rozmiar i kształt ziarna/cząstki paliwa, który determinuje sposób wprowadzania paliwa do kotła c.o., miejscowego ogrzewacza pomieszczeń/pieca – ręczny załadunek (polana, kłody, brykiety), automatyczny (pelletowe, na zrębki). Jakość stałych biopaliw, w zależności od rodzaju, jest określona odpowiednimi normami jakościowymi.

TECHNOLOGICZNE WYMAGANIA CZYSTEGO SPALANIA

Wysoka, 2-krotnie wyższa zawartość części lotnych w biomase drzewnej oraz niska temperatura ich intensywnego wydzielania (210-350°C) w procesie termicznego rozkładu drewna, narzuca konieczność stosowania innej organizacji procesu spalania – innej konstrukcji urządzeń grzewczych, w porównaniu do węgla. Zdecydowanie niższa zawartość siarki, azotu oraz popiołu i chloru bezpośrednio wpływa na niższą emisję SO₂, NO_x i zdecydowanie niższe jest zagrożenie emisją pyłu całkowitego TSP oraz dioksyn (PCDDFs) czy polichlorowanych bifenyli (PCBs), pod warunkiem wykorzystania biomasy drzewnej w instalacji spalania (urządzeniu grzewczym) przystosowanym technicznie i technologicznie do jego parametrów jakościowych. Prawie dwukrotnie wyższa zawartość części lotnych w biomase wymaga zastosowania odpowiedniej konstrukcji, która musi zapewnić warunki techniczno-technologiczne całkowitego spalania (utlenienia) substancji organicznej zawartej w paliwie (odpowiednia ilość tlenu/powietrza, temperatura spalania), skutkujące brakiem substancji palnych w popiele. Natomiast spaliny wprowadzane do komina mogą zawierać tylko parę wodną (H₂O), dwutlenek węgla (CO₂) oraz tlenki azotu i siarki (SO₂, NO_x) czy popiół lotny jako pył (TSP). Niespełnienie ww. warunków przebiegu procesu spalania spowoduje, że do powietrza zostaną wprowadzone ae-



Rys. 1. Przykładowe średnie parametry fizykochemiczne węgla i biomasy drzewnej (w %). Oszacowanie własne na podstawie: Kubica R. i inni 2018.

rozole pyłowo-gazowych, szczególnie szkodliwe dla zdrowia i środowiska, zawierające zwłaszcza drobne subtrakcji cząstek stałych PM₁₀, PM_{2,5}, w tym kondensujące w powietrzu PM_{2,5}, sadzę (BC), lotne i średnio-lotne związki organiczne (OGC/SVOC), zawierające kancerogenne i mutagenne wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) – zwłaszcza benzo(a)piren B(a)P, benzo(b)fluoranten B(b)F, benzo(k)fluoranten B(k)F, indeno(1,2,3-cd)piren (I(cd)P) oraz dioksyny (PCDD/Fs).

POPRAWA EFEKTYWNOŚCI SPALANIA

Działania na rzecz poprawy stanu środowiska, ochrony klimatu, oszczędzania zasobów paliw kopalnych w każdej dziedzinie skutkują nowoczesnymi technologiami, urządzeniami, które charakteryzują się coraz niższym obciążeniem dla środowiska i zapotrzebowaniem na energię pierwotną. Z taką sytuacją mamy też do czynienia w gospodarczej branży produkcji urządzeń grzewczych na paliwa stałe. W latach przełomu lat 90. ubiegłego wieku i pierwszej dekadzie obecnego stulecia działania były skoncentrowane na czystym spalaniu węgla. Podjęto także w tym okresie starania nad konstrukcjami urządzeń grzewczych małej mocy zasilanych biomasą drzewną, obsługiwanych ręcznie lub automatycznie (Kubica R. i inni 2018).

Krajowa branża producencka kotłów c.o., miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń (kominków, pieców), licząca się na rynku UE aktualnie skupiona w IGUOZE (<https://iguoze.pl/>) oraz OSKP (<https://kominki-polskie.com.pl/>), od wielu lat wprowadzała innowacyjne rozwiązania techniczno-technologiczne w organizacji procesu spalania biomasy drzewnej oraz sterowania jego parametrami, tym samym odpowiednie zmiany konstrukcyjne. Intensywne działania branży zaowocowały dostępnością na rynku kotłów c.o. zasilanych pelletem drzewnym, kotłów c.o., pieców i kominków zasilanych biopaliwami stałymi – drewnem opałowym/polanami, brykietem drzewnym, spełniającymi wymagania rozporządzeń KE dotyczące ekoprojektu jeszcze przed terminem ich obowiązywania (Tab. 1, Rys. 2).

Na uwagę zasługuje dostępność na rynku również wysokoefektywnych energetycznie i niskoemisyjnych kotłów c.o. zasilanych drewnem kawałkowym, tzw. zgazowujących,

Tab. 1. Sezonowe emisje zanieczyszczeń z kotłów oraz pieców zasilanych automatycznie pelletem lub ręcznie drewnem kawałkowym. Źródło: Kubica K. 2022

| Wyszczególnienie | Sezonowa efektywność energetyczna, η _s | CO | OGC | NO _x | Pył (PM) |
|---|---|----------|-------|-----------------|----------|
| | % | | | | |
| Kotły automatycznie zasilane paliwem, pelletowe | | | | | |
| Zgodnie z rozporządzeniem (UE) 2015/1189 | 75;77 | 500 | 20 | 200 | 40 |
| Zakres (45 szt. kotłów) | 76,0-88,0 | 11-474 | <1-18 | 57-200 | 8-39 |
| Średnie wartości | 81,0 | 265 | 8 | 158 | 25 |
| Zakres (15 szt. kotłów) | 79,9-85,8 | 97-382 | 3-19 | 97-200 | 10-40 |
| Średnie wartości | 84,3 | 211 | 9 | 169 | 26 |
| Kotły ręcznie zasilane paliwem, tzw. zgazowujące | | | | | |
| Zgodnie z rozporządzeniem KE (UE) 2015/1189 | 75;77 | 500 | 20 | 200 | 40 |
| Zakres | 78,0-79,0 | 157-333 | 2-22 | 191-200 | 18-20 |
| Średnie | 78,5 | 245 | 11 | 190 | 19 |
| Piecze pelletowe | | | | | |
| Zgodnie z rozporządzeniem KE (UE) 2015/1185 | ≥79 | ≤300 | ≤60 | ≤200 | ≤20 |
| Zakres (4 szt. pieców) | 79-86 | 54-201 | 3-25 | 106-140 | 10-20 |
| Średnie wartości | 82,1 | 116 | 12 | 122 | 17 |
| Kominki (drewno kawałkowe) | | | | | |
| Zgodnie z rozporządzeniem KE (UE) 2015/1185 | ≥65 | ≤1500 | ≤120 | ≤200 | ≤40 |
| Zakres (34 szt. kominków) | 69-78 | 612-1252 | 21-83 | 50-167 | 5-40 |
| Średnie wartości | 73 | 1001 | 52 | 123 | 20 |
| Akumulatoryczne ogrzewacze pomieszczeń z zamkniętą komorą | | | | | |
| Zakres | 83±87 | 803-1223 | 2±62 | 120-168 | 20-34 |
| Średnie wartości | 84,4 | 1086 | 42 | 140 | 29,4 |

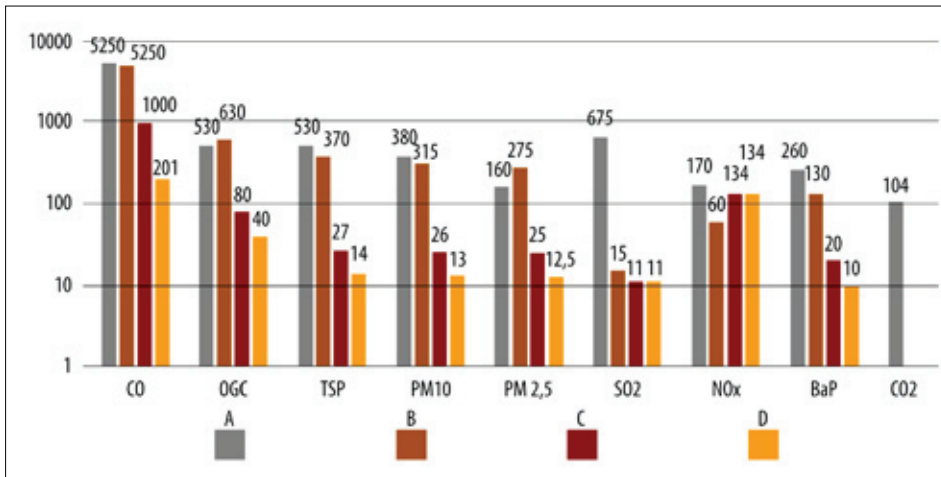
o emisji pyłu/TSP i pozostałych zanieczyszczeń na poziomie zbliżonym do kotłów pelletowych (Tabela 1). Ich stosowanie winno być promowane na terenach o rozproszonych indywidualnym budownictwie i lokalnym dostępie do tego biopaliwa (Kubica K. 2022). Dostępne są również miejscowe ogrzewacze pomieszczeń zasilane nie tylko pelletem drzewnym, ale także drewnem kawałkowym czy brykietem drzewnym, o emisji pyłu/TSP ok. 30-40% wyższej od emisji tego zanieczyszczenia z wysokoefektywnych kotłów c.o. zasilanych stałym biopaliwem, spełniających wymagania rozp. Ekoprojekt (Tab. 1) i zdecydowanie niższej emisji w porównaniu do urządzeń starej konstrukcji (Rys. 2).

Prowadzone od kilku lat kolejne edycje Konkursu TOPTEN przez FEWE i PIE, w odniesieniu do urządzeń grzewczych zasilanych paliwami stałymi, potwierdzają ciągłe,

intensywne działania w zakresie wprowadzania na rynek urządzeń spalających o mniejszej emisyjności. Porównanie zakresu emisji zanieczyszczeń potwierdza wysoką jakość dostępnych kotłów c.o., zasilanych pelletem drzewnym czy drewnem kawałkowym (kotły zgazowujące). Jednoznacznie można stwierdzić, że najnowsze kotły c.o. zasilane pelletem drzewnym (lata 2021-2022), dostępne na rynku, charakteryzują się ponad 2-krotnie niższą średnią wartością emisji pyłu (TSP), odpowiednio 12 i 28 mg/m³, w porównaniu do urządzeń zgłoszonych w konkursie w latach 2016-2019. Niższa jest również średnia emisja CO i OGC, a emisja NO_x pozostaje na podobnym poziomie.

KOSZTY OGRZEWANIA

Zapewnienie odpowiedniego komfortu cieplnego w indywidualnym sektorze miesz-

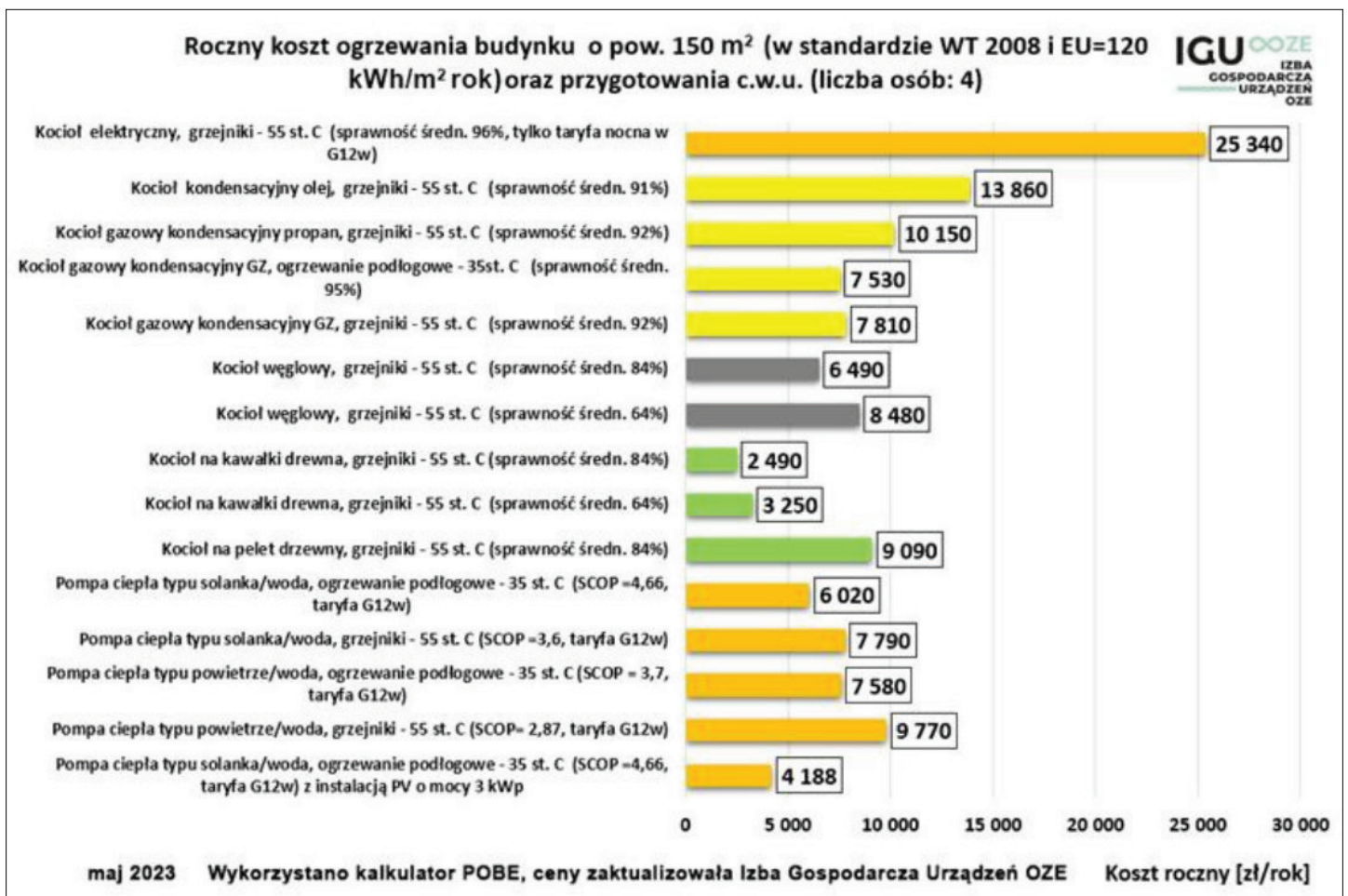


Rys. 2. Emisja zanieczyszczeń ze spalania: A) węgla i B) drewna w tradycyjnym ogrzewaczu pomieszczeniowym; C) drewna kawałkowego w ogrzewaczu wg Rozporządzenia KE (UE) 2015/1185; D) pelletów drzewnych w piecu. Źródło: wg Rozporządzenia KE (UE) 2015/1185

kaniowym stanowi znaczący udział w budżetach domowych. Szacuje się, że ok. 40% całkowitego zużycia energii w UE stanowi pozyskiwanie ciepła użytkowego w sektorze

komunalno-bytowym. Koszty ogrzewania uzależnione są od ceny wykorzystywanego źródła energii, ale przede wszystkim od energochłonności budynku, sprawności

energetycznej, od stopnia jego termomodernizacji, stopnia jego izolacyjności. Ma ono, jak wiadomo, także wpływ na wielkość emisji zanieczyszczeń, im mniejsza energochłonność budynku, tym niższe negatywne oddziaływanie na środowisko. Im mniej musimy dostarczyć energii do pozyskania ciepła użytkowego, tym mniej obciążymy środowisko, tym mniej wyemitujemy zanieczyszczeń do atmosfery — bezpośrednio jeżeli pozyskujemy ciepło poprzez spalanie paliwa, lub pośrednio jeżeli korzystamy z energii elektrycznej produkowanej z węgla, gazu. Sprawność energetyczna budynku, energochłonność energetyczną wyrażoną jest przy pomocy wskaźnika EP [kWh/(m²rok)], określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji, chłodzenia oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej (MIiR 2018).



Rys. 3. Przykładowy roczny koszt ogrzewania istniejącego budynku jednorodzinnego o pow. ogrzewanej 150 m², niski stopień termomodernizacji (zużycie ciepła na średnim poziomie 120 kWh/rok/m²) - słabe ocieplenie ścian i stropów, okna niezespolone, wentylacja grawitacyjna, wraz z kosztem przygotowania ciepłej wody użytkowej dla 4-osobowej rodziny. Dane uwzględniają koszty energii i paliw na koniec maja 2023 r. Źródło: wg IGUOZE Dep. Kontroli Jakości Rynku (Kubica K. i inni 2023)

Przeprowadzenie termo-renowacji budynku zgodnie z WT z 2021 roku, z zastosowaniem wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła klasy A, z uzyskaniem zużycia ciepła na średnim poziomie 55 kWh/rok/m² przyczynia się do redukcji kosztów ogrzewania o ponad 60%, w porównaniu do budynku niezmodyfikowanego (Rys. 4). W dalszym ciągu koszty ogrzewania z wykorzystaniem pompy ciepła powietrznej i kotła pelletowego są zbliżone. Bardzo niskie koszty można uzyskać, stosując ogrzewanie podłogowe oraz układ hybrydowy – najnowszy rodzaj pompy ciepła solanka/woda i instalację fotowoltaiczną. Konkurencją jest wysokoefektywny kocioł opalany drewnem kawałkowym, podobnie jak w poprzedniej wersji (Rys. 3).

CZY MAMY ODPOWIEDNIĄ ILOŚĆ BIOMASY DRZEWNEJ?

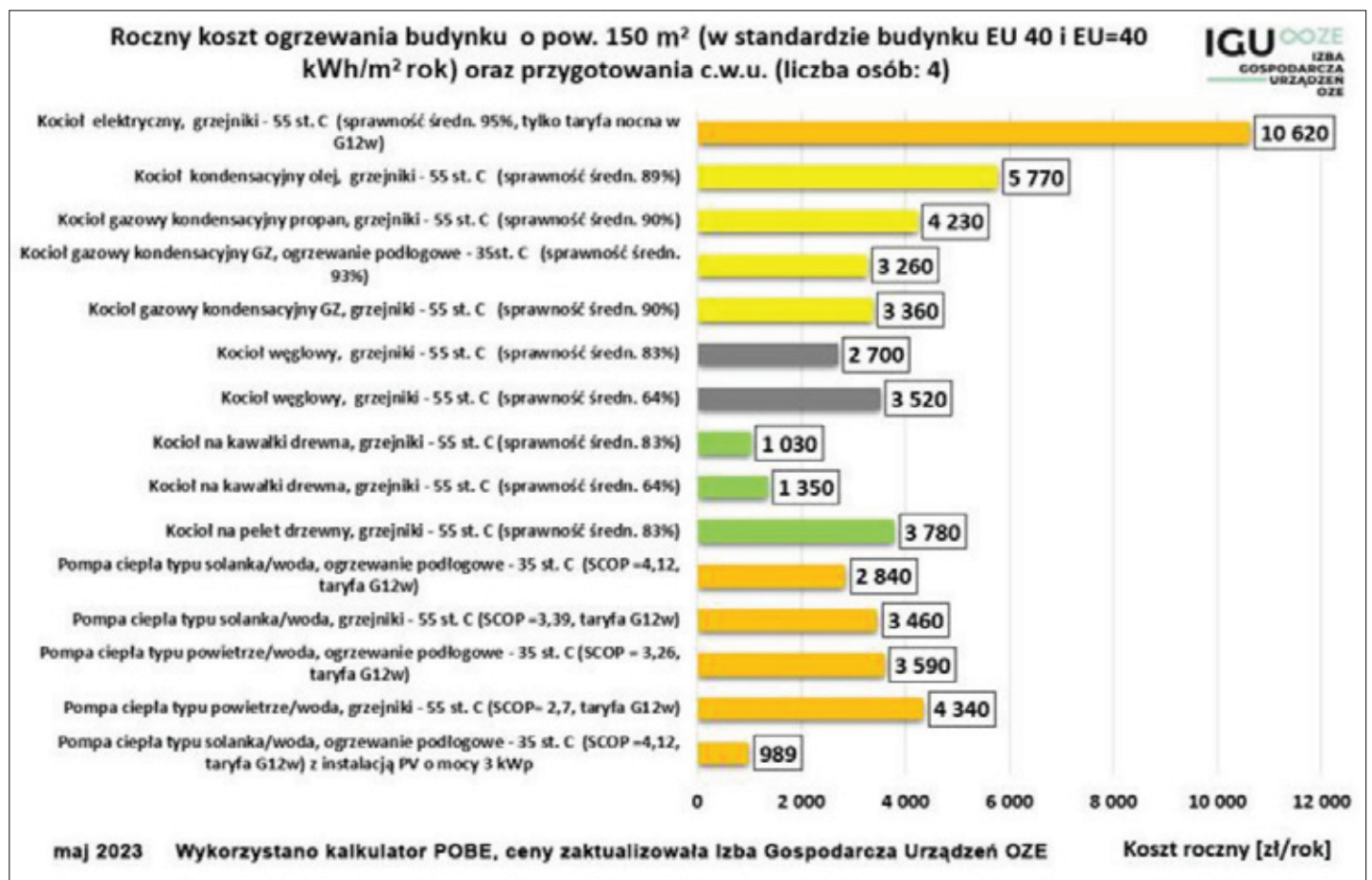
Produkcja drewna opałowego w Polsce w 2021 r. (wg Eurostatu) w stosunku do ca-

łego pozyskania, wyniosła 4,7 mln m³ (11,6% całości), podczas gdy w Niemczech, Francji, Austrii i całej UE, odpowiednio: 23,2 mln m³ (28,1% całości); 26,7 mln m³ (50,5% całości); 4,9 mln m³ (26,6% całości); 118,5 mln m³ (23,3 % całości). Austriacy w strategii do 2050 roku zaplanowali udział biomasy w sektorze ogrzewnictwa na poziomie 47%, ponieważ sektor pozyskiwania, przeróbki biomasy na paliwo oraz branża kotłów i kominków na drewno przynosi do budżetu dochody większe niż pozostałe branże OZE razem wzięte (PV, el. wiatrowe, pompy ciepła) i zapewnia pracę dla tysięcy ludzi. Niemcy zwiększają produkcję pelletu, stosując wsparcie finansowe dla instalowania kotłów pelletowych w miejsce kotłów gazowych i olejowych, spełniających wymagania Rozp. KE (UE) 1189/2015 w sprawie ekoprojektu, oraz dla kotłów i ogrzewaczy pomieszczeń spełniających ostrzejsze wymagania (tzw. dobrowolne zobowiązania Blue Angel). Lesistość Polski

wynosząca 30,8% jest zbliżona do lesistości Europy (bez Rosji) wynoszącej 32,2%.

Gospodarka leśna w naszym kraju stoi na wysokim poziomie, uwzględniając pozyskiwanie drewna do celów gospodarczych z uwzględnieniem wieku drzew.

Największym powodzeniem jako stałe biopaliwo dla sektora mieszkaniowego cieszy się pellet drzewny, wykorzystywany w wysokosprawnych energetycznie i niskiemisyjnych urządzeniach grzewczych zasilanych automatycznie paliwem (kotły c.o., piece). Otrzymywany jest w formie granulatu, w procesie wysokociśnieniowego prasowania z odpadów przemysłu drzewnego (trocin, wiór i zrzębków). Polska w roku 2022 była 4. największym producentem pelletu drzewnego w Unii Europejskiej (ok. 1,8 mln ton), którego rocznie eksportujemy ponad 1 mln ton do Włoch, Niemiec, Danii, Francji. Pellet ten powinien pozostawać w kraju i trafiać do sektora komunalno-bytowego — cie-



Rys. 4. Przykładowy roczny koszt ogrzewania istniejącego budynku jednorodzinnego o pow. ogrzewanej 150 m², wysoki stopień termomodernizacji EU 40 (zużycie ciepła na średnim poziomie 40 kWh/rok/m²) – bardzo dobre ocieplenie ścian i stropów, okna (trójszybowe), wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła (kl. A+) wraz z kosztem przygotowania ciepłej wody użytkowej dla 4-osobowej rodziny. Dane uwzględniają koszty energii i paliw na koniec maja 2023 r. Źródło: wg IGUOZE Dep. Kontroli Jakości Rynku (Kubica K. i inni 2023)

plownictwa niesystemowego w czasie, kiedy rezygnujemy z węgla i ograniczamy użycie gazu ziemnego. Szczególnie w sytuacji odchodzenia od węgla na rzecz OZE i ograniczanie gazu ziemnego, z uwagi na kryzys energetyczny i sytuację za naszą wschodnią granicą. Nie bez znaczenia jest także biomasa drzewna w postaci drewna kawałkowego, polan pochodząca z lokalnych zasobów leśnych, także prywatnych lasów, których udział w niektórych województwach jest wysoki, jak np. w Małopolsce.

PODSUMOWANIE

Biomasa drzewna, przetworzona do stałych biopaliw jest paliwem, które stosowane w nowoczesnych urządzeniach grzewczych dla sektora komunalnego, sektora usług, leśnictwa i rolnictwa jest paliwem przyjaznym dla środowiska. Nie tylko z uwagi na zdecydowanie niski poziom obciążenia dla środowiska, ale zamknięty obieg dwutlenku węgla w cyklu życia. Nie bez znaczenia jest też fakt, że stała pozostałość po spalaniu, tj. popiół denny, nie stanowi zagrożenia dla środowiska i może być stosowany jako swoisty nawóz rolniczy.

Polska posiada stosowne zaplecze surowcowe do produkcji biopaliw stałych, produktów przetwarzania biomasy drzewnej, odpowiednio wysoką produkcję pelletu drzewnego, brykietów drzewnych i drewna kawałkowego. Dysponujemy także stosowną ilością kotłów c.o. i miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń, spełniających ostre wymagania unijne i krajowe w zakresie sprawności energetycznej oraz emisji zanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia ludzi i środowiska. Konieczne jest jednak odpowiednie wsparcie dla wzrostu produkcji ciepła użytkowego z tego odnawialnego źródła energii w sektorze komunalno-bytowym, co przyczyni się zarówno do poprawy jakości powietrza, jak i będzie przeciwdziałać zmianom klimatu poprzez redukcję emisji CO₂.

Trzeba też pamiętać, że prawidłowa i bezpieczna dla środowiska eksploatacja instalacji spalania paliw małej mocy, zapewniająca stabilną redukcję emisji zanieczyszczeń wymaga skupienia uwagi nie tylko na zainstalowaniu urządzenia grzewczego, spełniającego wymogi odpo-

wiednich rozporządzeń KE (UE) dotyczących ekoprojektu, ale także na stosowaniu paliwa o parametrach określonych w dokumentacji urządzenia oraz na prawidłowej eksploatacji całej instalacji spalania, uwzględniającej sprawność systemu odprowadzania spalin, to jest komina. Nie bez znaczenia jest także odpowiednia jej eksploatacja, uwzględniająca okresowe przeglądy i czyszczenie przez służby kominiarskie.

Wagę wykorzystania odnawialnych źródeł energii mocno podkreślono w Krajowym Planie na rzecz Energii i Klimatu na lata 2021–2030 (KPEiK), przekazanym w 2019 r. do KE. Biomasa została w KPEiK zaliczona do sterowalnych źródeł energii odnawialnej, obok biogazu, energii geotermalnej i pomp ciepła. Zwiększenie udziału energii z biomasy jest możliwe zarówno w gospodarstwach domowych, jak i w ciepłownictwie. Ze względu na dostępność paliwa oraz parametry techniczno-ekonomiczne instalacji, jednostki wytwórcze wykorzystujące biomasę powinny być lokalizowane w pobliżu jej powstawania (tereny wiejskie, zagłębia przemysłu drzewnego, miejsca powstawania odpadów komunalnych) oraz w miejscach, w których możliwa jest maksymalizacja wykorzystania energii pierwotnej zawartej w paliwie, aby zminimalizować środowiskowy koszt transportu.

Polska jako kraj UE jest zobligowana do wprowadzania odpowiednich uregulowań prawnych. Jednym z istotnych aktów prawnych, nad którymi trwały ostatnio prace w UE jest Dyrektywa REDIII, stanowiąca nowelizację Dyrektywy RED II. Rewizja Dyrektywy RED III została podpisana przez członków komisji 28 czerwca 2023 r., a 12 września 2023 r. zatwierdzona przez Parlament Europejski i formalnie zastępuje Dyrektywę RED II z 2018 roku. W wyniku negocjacji ustalono, że do 2030 roku udział energii z odnawialnych źródeł ma wzrosnąć do 42,5%, z opcją dobrowolnego 2,5% dodatku, pozwalającego osiągnąć łącznie 45%. To znaczący wzrost w porównaniu do obecnych celów RED II, które zakładały 32%. Najnowsza dyrektywa RED III wprowadza także wiążące zobowiązania

dotyczące rozwoju energii odnawialnej w sektorach ciepłownictwa i transportu. W obszarze budownictwa celem jest pokrycie 49% zapotrzebowania na ciepło, w nowo powstających budynkach, poprzez wykorzystanie źródeł odnawialnych. Wzrost ten ma wynosić 0,8% rocznie do 2025 roku, a potem zwiększyć się do 1,1% w kolejnych latach. W związku z tym oczekiwane są wyższe koszty związane z korzystaniem z paliw kopalnych (węgiel, gaz, olej) do ogrzewania domów.

Mając powyższe na uwadze, jako kraj zasobny w biomasę drzewną, winniśmy odpowiednio szybko zweryfikować podejście do jej wykorzystania jako stałego biopaliwa w rozproszonej energetyce ciepłej. W naszych uwarunkowaniach klimatycznych korzystanie z energii słońca czy gruntu ma określone ograniczenia. Pompy ciepła mają problem z poprawnym funkcjonowaniem przy bardzo niskich temperaturach, spadek wydajności zaczyna się już, gdy temperatura na zewnątrz spada poniżej 5°C – powoduje zwiększenie zużycia energii elektrycznej, a tym samym wzrost kosztów ogrzewania. Popularne ostatnio kotły gazowe korzystają z paliwa kopalnego, którego cena na pewno nie będzie spadać, z uwagi na wspomniany już powyżej kryzys energetyczny wywołany napaścią Rosji na Ukrainę, inflację. Nie należy też zapominać, że gaz ziemny jest niezbędny dla przemysłu.

Ważnym zagadnieniem jest także bezpieczeństwo energetyczne w rozproszonym budownictwie, rozumiane jako zapewnienie stałej dostępności źródła energii ciepłej w przypadku awarii sieci energetycznych lub gazowych. Tym zabezpieczeniem jest posiadanie miejscowego ogrzewacza pomieszczeń (pieca, kominika) zasilanego stałym biopaliwem zapewniającym wytworzenie ciepła bez udziału energii elektrycznej. Takie zabezpieczenie stosowane jest w wielu krajach o zbliżonych do Polski uwarunkowaniach klimatyczno-atmosferycznych.

dr inż. Krystyna Kubica, ekspert ds. ochrony powietrza Polskiej Izby Ekologii

Literatura dostępna w Redakcji

PŁYTKA GEOTERMIA DLA MIASTA WROCŁAWIA

Wiesław Kozdrój

ilustracja na str. 27

Pompy ciepła wykorzystujące odnawialne źródła energii (OZE) poprzez jej pobór z powietrza, wody lub gruntu, stanowią najwydajniejsze pod względem technicznej sprawności urządzenia stosowane w celu ogrzewania i chłodzenia budynków. Konieczność przeciwdziałania zmianom klimatycznym, spowodowanym nadmierną eksploatacją paliw kopalnych i emisją gazów cieplarnianych, czyni z pomp ciepła główną technologię, dzięki której dokonuje się elektryfikacja sektora ogrzewnictwa i przejście do gospodarki zeroemisyjnej, a ich współdziałanie z fotowoltaiką i magazynami energii znacząco wspomaga zrównoważony rozwój rozproszonej energetyki prosumenckiej.

Dla prawidłowego zaplanowania i ekonomicznego użytkowania gruntowych (geotermalnych) pomp ciepła (GPC) wykorzystujących naturalne ciepło Ziemi, ważne jest dobre rozpoznanie płytkiego podłoża skalnego pod względem własności termicznych. Opracowane przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) mapy potencjału płytkiej geotermii dla miasta Wrocławia i okolic ukazują dość znaczne zróżnicowanie średniej wartości przewodności cieplnej „ λ ” (lambda) skał, uwarunkowane głównie dużą zmiennością litologiczną i przestrzenną utworów czwartorzędowych i neogeńskich. Zasadniczo korzystne wartości posiadają utwory klastyczne plejstocenu i pliocenu z dominującym udziałem piasków i żwirów, spotykane tuż pod powierzchnią terenu w centralnej i południowej części miasta Wrocławia i jego wschodnich peryferiach, natomiast słabsze parametry charakteryzują obszary północnej i zachodniej części miasta, gdzie zaznacza się większy udział miocenijskich utworów ilastych. Wykonane mapy potencjału udostępnione publicznie na portalu internetowym PIG-PIB mogą służyć do tworzenia lokalnych planów

gospodarki niskoemisyjnej, jak również do oceny opłacalności zastosowania GPC w danej lokalizacji przez inwestorów indywidualnych.

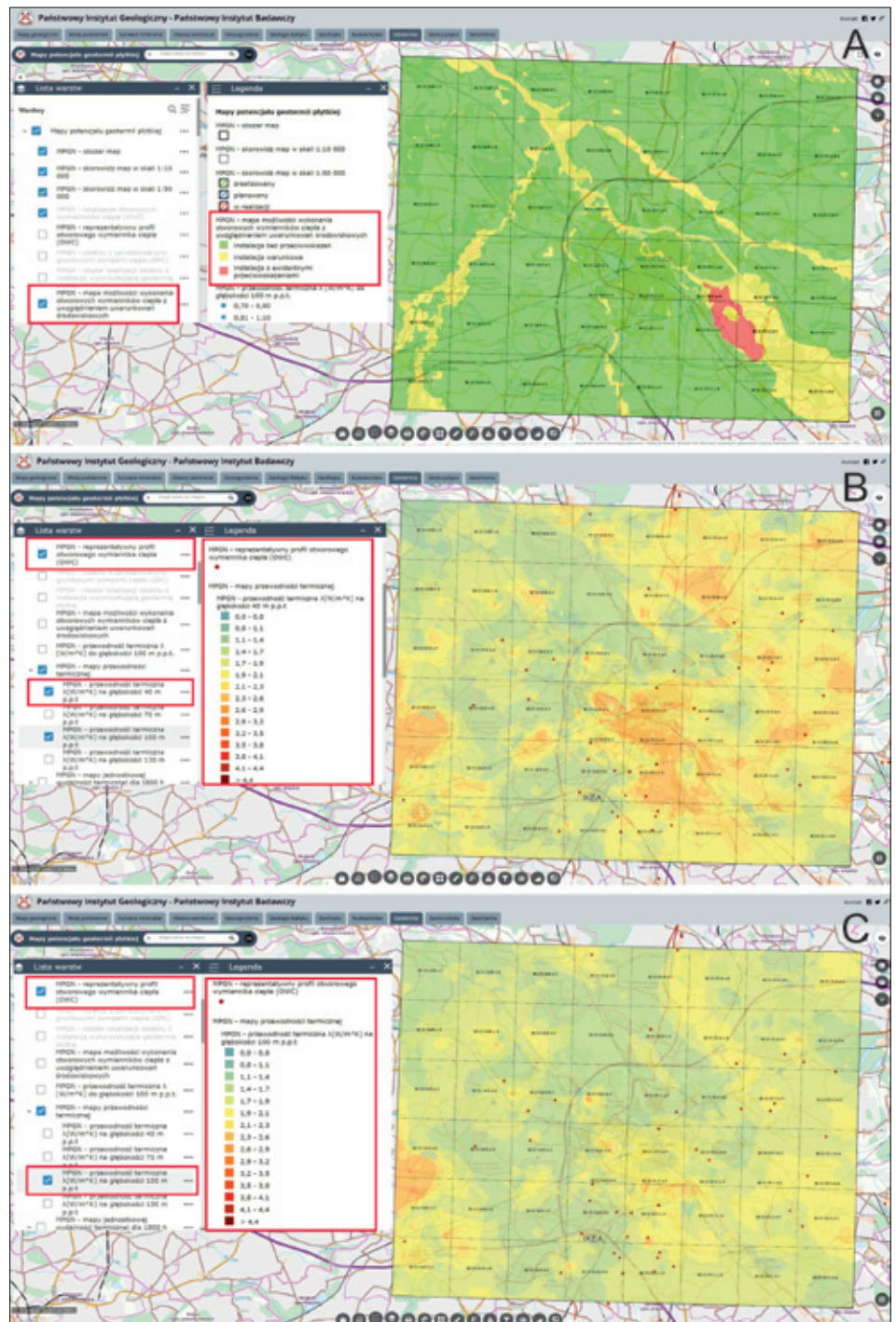
Oferowane obecnie na rynku pompy ciepła to urządzenia bardzo wydajne, ale też skomplikowane technicznie, które swoją energetyczną efektywność i satysfakcję użytkownika zawdzięczają nie tylko precyzji działania, ale również prawidłowemu doborowi pod względem mocy i poprawnej instalacji. Do kalkulacji mocy GPC niezbędna więc jest znajomość budowy geologicznej, a ściślej profilu litologicznego planowanego otworu wiertniczego do głębokości odpowiadającej długości otworowego wymiennika ciepła (OWC). Mając informacje o miąższości i typach skał w poszczególnych warstwach profilu oraz ich specyficznych wartościach przewodności cieplnej, a także o głębokości zalegania wód podziemnych, dzięki której możemy podzielić skały na suche i wilgotne (te drugie odznaczają się podwyższoną wartością „ λ ”) jesteśmy w stanie obliczyć średnią (ważoną) wartość przewodności cieplnej gruntu dla wybranej (punktowej) lokalizacji. Znając tę wielkość — odczytaną z opisanych dalej map potencjału — oraz planowany

tryb i czas pracy GPC, można dokonać wymiarowania pompy ciepła w zakresie podstawowym, z wyznaczeniem tzw. jednostkowego współczynnika mocy/wydajności ciepłej [W/m], który definiuje maksymalną ilość energii możliwą do pobrania z podłoża skalnego na odcinku 1 metra otworowego wymiennika ciepła oraz ustaleniem niezbędnej ilości i głębokości otworów wiertniczych. Procedura ta, z wykorzystaniem odpowiednich tabel, opisana jest w poradnikach fachowych (wytycznych) dotyczących dolnych źródeł ciepła do GPC publikowanych przez Polską Organizację Technologii Pomp Ciepła (PORT PC). Bardziej zaawansowane wymiarowanie GPC, wraz z wieloletnią symulacją ich pracy, odbywa się za pomocą specjalistycznych programów komputerowych, w których dane wejściowe obejmują dodatkowo szereg innych parametrów charakteryzujących podłoże skalne (m.in. pojemność cieplną, efektywny opór termiczny, średnioroczną temperaturę powierzchni gruntu i ośrodka skalnego, gęstość lokalnego strumienia cieplnego), dane techniczne OWC (pojedyncza lub podwójna U-rurka, przewód współosiowy, średnica rur, rodzaj mieszanki wypełniającej przestrzeń wokół OWC,

prędkość i charakter przepływu cieczy niskokrzepłej /laminarny lub turbulentny/, geometryczny układ OWC i ich wzajemne odległości) oraz opis pracy samej GPC (średnioroczny czas działania pompy i jej tryb: ogrzewanie, ogrzewanie i produkcja ciepłej wody użytkowej (CWU), tylko CWU, ogrzewanie i chłodzenie/, roczny profil obciążenia — poboru ciepła/chłodu). Prawidłowo wykonana optymalizacja GPC, najlepiej przez doświadczoną firmę producencką, instalatorską lub wiertniczą, jest gwarantem poprawnej, wieloletniej pracy GPC i satysfakcji jej posiadacza.

Na podstawie posiadanych zbiorów informacji geosrodowiskowych, bazy danych otworowych, map geologicznych i hydrogeologicznych oraz trójwymiarowych modeli geologicznych, Państwowy Instytut Geologiczny — Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) opracowuje specjalistyczne mapy dedykowane ocenie zasobów płytkiej geotermii zwane też „mapami potencjału geotermii niskotemperaturowej” (MPGN). Najważniejsze z nich są mapy jakościowe obrazujące lokalne uwarunkowania środowiskowe, z uwzględnieniem czynników ryzyka i ograniczeń formalno-prawnych dla montażu GPC (tzw. mapy świateł ruchu drogowego) oraz mapy ilościowe prezentujące m.in. średnie wartości przewodności cieplnej dla predefiniowanych przedziałów głębokości, tj. od powierzchni terenu do 40, 70, 100 i 130 m ppt. Analizując je, można dokonać w miarę szybkiej oceny potencjału termicznego podłoża skalno-gruntowego przy zastosowaniu uproszczonej klasyfikacji średniej przewodności cieplnej według proponowanych wartości granicznych:

- ◆ słaba przewodność cieplna (λ do 1,5 W/m*K),
- ◆ średnia przewodność cieplna (λ od 1,5 do 2,3 W/m*K),
- ◆ dobra (wysoka) przewodność cieplna (λ od 2,3 do 4,0 W/m*K),
- ◆ bardzo dobra (b. wysoka) przewodność cieplna (λ powyżej 4,0 W/m*K).



Ryc. 1. A, B, C. Przykłady map potencjału płytkiej geotermii dla miasta Wrocławia i okolic: A – mapa możliwości wykonania otworowych wymienników ciepła z uwzględnieniem uwarunkowań środowiskowych; B – mapa przewodności termicznej (cieplnej) w przedziale głębokości do 40 m ppt; C – mapa przewodności termicznej (cieplnej) w przedziale głębokości do 100 m ppt (źródło: dane PIG-PIB, zrzuty ekranu z portalu mapowego „Geologia”, zakładka „Geotermia”; uwaga: mapy są zmodyfikowane pod względem przezroczystości dla uwidocznienia podkładu topograficznego)

Przykładem opisywanych opracowań kartograficznych są tematyczne mapy dla miasta Wrocławia i okolic udostępnione publicznie na stronie internetowej PIG-PIB ([https://](https://geologia.pgi.gov.pl/arcgis/apps/MapSeries/index.html?appid=8d14826a895641e2be10385ef3005b3c)

geologia.pgi.gov.pl/arcgis/apps/MapSeries/index.html?appid=8d14826a895641e2be10385ef3005b3c), z których trzy wybrane mapy zaprezentowano na Ryc. 1.

Pierwsza mapa (Ryc. 1A) prezentuje zróżnicowanie obszarów pod względem możliwości wykonania otworowych wymienników ciepła z uwzględnieniem uwarunkowań środowiskowych w podziale na trzy klasy: 1 – instalacja bez przeciwwskazań (oznaczona kolorem zielonym), 2 – instalacja warunkowa (kolor żółty) i 3 – instalacja z ewidentnymi przeciwwskazaniami (kolor czerwony).

Na obszarze Wrocławia i okolic przeważają tereny klasy 1 stanowiące prawie 86% badanej powierzchni. Klasa 2 zajmuje ok. 13%, a zidentyfikowane tam czynniki ryzyka dla montażu OWC to: tereny zagrożone powodzią – wzdłuż rzeki Odry i jej dopływów, strefy ochrony pośredniej ujęć wód podziemnych w dorzeczu Odry i Oławy, podatność na ruchy osuwiskowe, obszary i tereny górnicze oraz złoża surowców mineralnych. Obszar Klasy 3, z dużymi przeciwwskazaniami dla montażu OWC stanowi jedynie 1% powierzchni i obejmuje strefy ochrony bezpośredniej ujęć wód na rozległych terenach zakładu „Mokry Dwór” z ujęciami wód pitnych dla m. Wrocławia i składowiska odpadów. Do klasy 3 zaliczają się też partie nieruchomości (nieuwzględnione na prezentowanej mapie), na których zamontowane są OWC mające formę owalnych buforów o średnicy 20 m. Świadomość obecności tego typu miejsc podczas prac planistycznych (dokładne lokalizacje posiada powiatowa administracja geologiczna) pozwoli na uniknięcie niekorzystnego oddziaływania (interferencji) już istniejących OWC w stosunku do nowo planowanych instalacji GPC.

Druga i trzecia mapa ukazują zróżnicowanie średniej wartości przewodności termicznej (cieplnej) odpowiednio w wybranych przedziałach głębokości 0-40 m i 0-100 m ppt (Ryc.1 B, C). Porównanie obu map dowodzi interesującej cechy podłoża skalnego podścielającego Wrocław, które odznacza się wyższymi wartościami przewodności cieplnej dla

płytszego niż głębszego zakresu głębokości, co ma swoje wytłumaczenie w specyficznej budowie geologicznej. Na mapie B, dobre (wysokie) wartości λ w zakresie od 2,3 do 2,9 W/m²K (zaznaczone kolorem pomarańczowym i jasnoczerwonym), spotyka się głównie w miejscach występowania grubszych warstw utworów czwartorzędowych z dużym udziałem piasków i żwirów i/lub zalegających pod nimi podobnych, żwirowych osadów najmłodszego neogenu (górnym miocen – pliocen), czyli tzw. serii Gozdniczy (np. w dzielnicach Krzyki). Średnie, ale wciąż korzystne dla montażu GPC wartości λ między 1,7 - 2,3 W/m²K (zaznaczone odcieniami koloru żółtego) charakteryzują rejon o bardzo zróżnicowanej litologii osadów czwartorzędowych, pochodzenia lodowcowego, rzeczno-lodowcowego i rzeczno-górnego, na które składają się gliny, żwiry, piaski, mułki i ropy oraz utwory pochodzenia antropogenicznego. Ważnym dla tych w większości słabo związanych utworów czynnikiem zmienności wartości przewodności cieplnej jest głębokość zalegania pierwszego poziomu wód podziemnych, który na badanym obszarze sięga od 2 do 20 m ppt. Wartości te, które dla skał w stanie suchym wahają się od 0,4 do 1,1, dla tych samych utworów zwiększają się znacząco w stanie wilgotnym (czyli gdy zalegają poniżej zwierciadła wód podziemnych) do 1,7 - 2,7, a nawet 3,0.

Zasięg powierzchniowy utworów o dobrej i średniej przewodności cieplnej obejmuje głównie centralną i południową część miasta Wrocławia, jego północno- i południowo-wschodnie peryferie, oraz mniejszy fragment w części zachodniej – na północ od Kątów Wrocławskich (rejon Zakrzyce – Wróblowice). Słabe parametry termiczne podłoża, gdzie λ osiąga wartości ok. 1,1 - 1,7 W/m²K (zaznaczone kolorem zielonym), charakteryzują obszary północnej i zachodniej części miasta Wrocławia i jego okolic gdzie w profilu podłoża zaznacza się większy udział miocenijskiej serii poznań-

skiej, osiągającej lokalnie prawie 170-200 m miąższości. Seria ta zbudowana jest przede wszystkim z ilów, piasków i mułków, którym w stropowej części towarzyszą cienkie soczewki węgla brunatnych o bardzo niskich wartościach przewodności cieplnej. Iły serii poznańskiej formują rozległą, urozmaiconą przez erozję powierzchnię stropową i w wielu miejscach tworzą wychodnie na wysoczyznach morenowych (Cesarzowice, Smolec, Leśnica) lub w obrębie erozyjnych tarasów rzecznych Odry, Ślęży i Bystrzycy na obszarze dzielnic Złotniki, Stabłowice, Prace Odrzańskie, Muchobór i Pilzycze. Na mapie C, sięgającej głębokości do 100 m ppt, obserwuje się niższe niż na mapie B wartości średniej przewodności cieplnej właśnie z powodu większego udziału ilów serii poznańskiej w profilu skał na odcinku od 40 do 100 m ppt. Interesujący przypadek zmienności przewodności cieplnej w obrębie serii poznańskiej zanotowano podczas pomiarów laboratoryjnych tego parametru dla odmiany ilów spoistych, bez domieszek piaszczystych, u których wraz ze wzrostem zawodnienia i stopnia plastyczności następował początkowo wzrost, a następnie obniżenie wartości przewodności cieplnej (0,85 → 1,35 → 1,0 W/m²K).

Skały o wyższych, dobrych wartościach przewodności cieplnej występują na obszarze aglomeracji Wrocławia także w podłożu kenozoiku. Są to głównie starsze utwory permio-mezozoiczne monokliny przedsudeckiej, których strop zalega zwykle na głębokości około 140-300 m ppt, a więc poniżej najgłębszego, sięgającego 130 m ppt poziomu opracowanych map potencjału płytkiej geotermii. Najszerszy zasięg mają utwory wieku triasowego reprezentowane przez skały klastyczne (piaskowce, zlepieńce, mułowce, ilowce) pstrego piaskowca, rzadziej skały węglanowe (wapienie, dolomity) wapienia muszlowego oraz (iii) permskie skały okruczowe czerwonego spągowca i osady chemiczne (wapienie, anhydryty, gipsy) cechsztynu. Lokalnie, tylko

w południowo-zachodnim narożu badanego obszaru, bezpośrednio pod neogenem, na głębokościach poniżej 100 m ppt, spotyka się dolnopaleozoiczno-neoproterozoiczne skały krystaliczne bloku przedsudeckiego typu fyllitów i gnejsów. Dokładniejsze rozpoznanie wymienionych odmian skalnych, najlepiej z użyciem map i przekrojów zamieszczonych na arkuszach Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, o wartościach λ dochodzących nawet do 3 W/m²*K (dla skał węglanowych), ma szczególne znaczenie w przypadku planowania GPC dużych mocy (np. w celu ogrzewania lub chłodzenia szpitali, szkół, budynków biurowych), dla których może być konieczne wykonanie OWC o długości sięgającej niekiedy ponad 200 m.

Dodatkowym elementem opisywanych map potencjału płytkiej geotermii dla miasta Wrocławia są zaznaczone miejsca lokalizacji kilkunastu reprezentatywnych otworowych wymienników ciepła (Ryc.1 B, C). Po ich uaktywnieniu w przeglądarce internetowej ukazują się załączniki graficzne (karty), sporządzone na podstawie dokumentacji powykonawczych robót geologicznych w celu wykorzystania ciepła Ziemi złożonych do Narodowego Archiwum Geologicznego w PIG-PIB, przedstawiające konstrukcję wykonanych otworów wiertniczych oraz ich profile lito-stratygraficzne. Jako przykład (Ryc.2, patrz str. 27) może służyć karta jednego ze 120 otworów wiertniczych (każdy o głębokości 133 m) zrealizowanych na potrzeby największego na Dolnym Śląsku systemu geotermalnych pomp ciepła o mocy grzewczej 820 kW (620 kW mocy chłodniczej) zasilających budynek magazynowo usługowy firmy IKEA na Bielanych Wrocławskich (gm. Kobierzyce). Tego typu karty można wykorzystać jako dane porównawcze w celu zaplanowania konstrukcji nowych OWC.

Gruntowe pompy ciepła typu „solanka – woda” w porównaniu do pomp powietrznych (typu „powietrze/woda”

lub „powietrze/powietrze”) odznaczają się wyższym współczynnikiem COP (często ponad 4,5) oraz bardzo stabilną, niezależną od pór roku pracą dolnego źródła ciepła, które jest całkowicie niepodatne na zmienne warunki atmosferyczne. Jednak ich ekonomiczną przewagę, wynikającą z lepszej efektywności energetycznej, redukują większe koszty inwestycyjne. Są one związane głównie z koniecznością wykonania wierceń pod otworowe wymienniki ciepła i prac ziemnych w celu ich połączenia z właściwą pompą ciepła, a także dłuższa procedura formalno-prawna wymagająca od inwestora opracowania projektu robót geologicznych. Nawet obowiązujące aktualnie w programie Czyste Powietrze wyższe dopłaty do GPC niż do pomp powietrznych (o ok. 10 - 15 tys. zł, w zależności od kwoty całkowitej dotacji) nie są w stanie zachęcić większej liczby potencjalnych użytkowników do wyboru GPC jako nowego źródła ogrzewania. Jednym z możliwych rozwiązań tego problemu mogłoby być wdrożenie nowego programu pomocy państwa przeznaczonego na sfinansowanie pełnych kosztów wierceń i wykonania OWC dla gruntowych pomp ciepła, wzorowany na wieloletnich programach Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW), które wspierają pełną dotacją wydatki na wykonanie głębokich otworów wiertniczych w celu poszukiwania wód termalnych. Podobne, szacowane na kilkaset mln zł, wsparcie udzielone firmom wiertniczym wykonującym instalacje OWC znacząco poprawiłoby konkurencyjność rynkową GPC i tym samym zwiększyło liczbę ich zastosowań. Program ten mógłby być elementem nowej, ogólnokrajowej strategii dedykowanej specjalnie dla rozwoju geotermalnych pomp ciepła, opracowanej wspólnie przez właściwe ministerstwo przy współudziale instytucji naukowo-badawczych, organizacji pozarządowych i środowisk branżowych. Nowa strategia integrowałaby zagadnienia dotyczące pomp ciepła,

zapisane w już obowiązujących dokumentach oraz wskazywała aspekty wymagające ich korekty (np. w Polityce Energetycznej Polski 2040, Krajowym Planie Ochrony Powietrza). Zapisy strategii powinny też wyznaczać właściwe kierunki przyszłych działań obejmujące m.in. szkolenia i fachowe doradztwo w zakresie doboru OWC i mocy GPC, zasady certyfikacji instalatorów, kontroli jakościowej sprzedawanych pomp ciepła oraz przejrzyste, ujednolicone formy finansowego wsparcia dla GPC, które są obecnie rozproszone w różnych programach pomocowych. Strategia dałaby też duży impuls do szerszego wdrożenia GPC, np. na obszarach wiejskich i podmiejskich, gdzie w zasadzie nie ma problemu z wyznaczeniem miejsc dla montażu OWC oraz w miastach, przede wszystkim w sektorze budynków publicznych, których zarządcy przy wyborze nowego lub wymianie źródła ogrzewania nie muszą kierować się jak najkrótszym czasem zwrotu nakładów na inwestycję, lecz perspektywą wieloletnią, stabilnej pracy GPC przynoszącej coroczne, wymierne korzyści z samych oszczędności będących rezultatem rezygnacji z zakupu węgla, gazu i innych nośników energii. Wzorcowe działania opisane w strategii krajowej mogłyby być przeniesione na szczebel jednostek samorządowych, np. przy opracowywaniu lub aktualizacji, bądź planów zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe, poszerzone o energię pozyskiwaną z OZE. Uwzględnienie w tych planach, np. dla miasta Wrocławia, opisanych w artykule map potencjału płytkiej geotermii będzie bardzo pomocne w doborze korzystnych lokalizacji dla montażu GPC w skali pojedynczych obiektów lub ich zespołów.

dr Wiesław Kozdrój

Państwowy Instytut Geologiczny -
Państwowy Instytut Badawczy, Wrocław

RADON NIEWIDZIALNY

kolega w pracy, nieproszony gość w domu

Lidia Fijałkowska-Lichwa

CZYM JEST?

Radon (Rn-222) jest jedynym naturalnym gazem promieniotwórczym i najdłuższym aktywnym izotopem ($T_{1/2} = 3,8$ dnia). Radon nie wpływa bezpośrednio na nasz organizm. W wyniku rozpadu emituje promieniowanie α i promieniotwórcze produkty rozpadu: polon, bizmut i ołów. To właśnie krótkożyłowe pochodne radonu odpowiadają za ok. 30% dawki promieniowania jonizującego otrzymywanego przez mieszkańców Polski od źródeł naturalnych. Pochodne radonu łączą się z cząsteczkami pyłów (w tym także dymu tytoniowego), obecnymi w powietrzu tworząc tzw. aerozole promieniotwórcze. Wraz z wdychanym powietrzem osadzają się na błonie śluzowej nosa, gardła, krtani oraz w płucach stanowiąc źródło zagrożenia (w konsekwencji mogą zwiększać ryzyko zachorowalności na nowotwory). Należy wspomnieć, że przed zewnętrznym narażeniem na promieniowanie alfa chroni nas ubranie i wierzchnia warstwa naskórka (o ile nie ma w niej ran). Zagrożenie pojawia się dopiero po wnikięciu promieniowania alfa do organizmu człowieka, gdzie nie ma warstwy ochronnej złożonej z ubrania, czy naszej skóry.

CO WARTO WIEDZIEĆ?

Większość z nas zdaje sobie sprawę, jak istotnym i przełomowym wydarzeniem w dziejach ludzkości było odkrycie radioaktywności, ale czy kojarzymy radon jako jeden z jej głównych elementów? Okazuje się, że radon, choć odkryty ponad 100 lat temu (w 1900 roku), to w świadomo-

ści społecznej wciąż zajmuje marginalne miejsce. Aby to zmienić coraz częściej i chętniej ośrodki naukowo-badawcze, instytucje państwowe czy samorządowe organizują różnego rodzaju kampanie edukacyjno-informacyjne, szkolenia, warsztaty, wydają poradniki oraz biuletyny na temat radonu. Dlaczego tak ważna jest podstawowa edukacja w tym zakresie? Odpowiedź jest prosta — radon towarzyszy nam w codziennym życiu. Jest naturalnym źródłem promieniowania jonizującego, którego oceny dokonuje się na podstawie wielkości dawki efektywnej. Zgodnie z raportem rocznym opublikowanym przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (PAA) narażenie od źródeł naturalnych stanowi 58,76% całkowitej dawki skutecznej i wynosi ok. 2,58 mSv/rok. Największy udział w tym narażeniu ma właśnie radon i produkty jego rozpadu (27,6%), od których statystyczny mieszkaniec Polski otrzymuje dawkę wynoszącą ok. 1,20 mSv/rok (Raport roczny PAA za 2022 rok, 2023). Niech Europejski Dzień Radonu organizowany z inicjatywy European Radon Association rokrocznie od 7 listopada 2015 roku przypadający w rocznicę urodzin Marii Skłodowskiej-Curie zachęci nas do jego bliższego poznania.

CZY POWINNIŚMY OBAWIAĆ SIĘ RADONU WYSTĘPUJĄCEGO W ŚRODOWISKU NASZEGO ŻYCIA?

Tylko w określonych warunkach promieniowanie jonizujące pochodzące od radonu może być zagrożeniem dla nasze-

go zdrowia. Informują nas o tym istniejące (i nowelizowane) przepisy prawne w zakresie ochrony radiologicznej (Ustawa, 2000; Dyrektywa Rady 2013/59 Euratom), wytyczne organizacji międzynarodowych (IAEA, 2014; ICRP, 2011, 2014, 2017), wyniki badań naukowych, kampanie społeczne, np. Poznaj Radon o zasięgu krajowym (<https://www.gov.pl/web/poznajradon>). Samo oddychanie powietrzem atmosferycznym nie zwiększa naszego ryzyka. W powietrzu, na otwartych przestrzeniach radon ulega rozrzedzeniu, więc jego stężenie jest niewielkie. W Polsce stężenie radonu w powietrzu na wysokości 2 m nad gruntem wynosi od 1,0 do 11,9 Bq/m³ (Przylibski, 2005). Przeciętne stężenie radonu w budynkach dla całej kuli ziemskiej wynosi 40 Bq/m³, natomiast średnia geometryczna wartość stężenia radonu dla wszystkich budynków w Polsce to 142 Bq/m³ (Olszewski i Walczak, 2020; Przylibski i in., 2011). Wielokrotnie większe wartości stężenia radonu w budynkach notowano na terenie Polski południowej, m.in.: w okolicy Jeleniej Góry 15 000 Bq/m³, w Świeradowie-Zdroju 5723 Bq/m³, w okolicy Krakowa 2500 Bq/m³ (Janik, 2005; Podstawczyńska, 2012). W Kowarach średnioroczne stężenie w budynkach wyniosło 260 Bq/m³ (Olszewski i Walczak, 2020). Warto podkreślić, że obecnie w polskim prawie nie ma zapisu dotyczącego powszechnego obowiązku wykonywania pomiarów stężenia radonu w prywatnych nieruchomościach.



mościach (budynkach mieszkalnych lub przeznaczonych do zamieszkania). Natomiast, zgodnie z art. 23d ustawy – Prawo atomowe sprzedający lub wynajmujący lokal na cele mieszkalne jest już zobowiązany do przekazania najemcy, lub nabywcy (na jego żądanie) informacji o średniorocznym stężeniu radonu w powietrzu. Obowiązek ten nie obejmuje jednak wynajmu lokali przez osoby nie prowadzące działalności gospodarczej. Zgodnie z przepisami ustawy „Prawo atomowe” na Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki spoczywa obowiązek monitorowania środków zapobiegania przenikaniu radonu do nowych budynków oraz prowadzenia kampanii informacyjnych w tym zakresie (Raport PAA za 2022 rok, 2023).

GDZIE NALEŻY SPODZIEWAĆ SIĘ RYZYKA NARAŻENIA NA RADON?

Ryzyko narażenia występuje głównie w zamkniętych przestrzeniach, słabo wentylowanych, mających bezpośredni (pustki skalne, wyrobiska w zakładach górniczych, podziemne trasy turystyczne, tunele drogowe i kolejowe, stacje metra, podziemne parkingi) lub pośredni (budynki mieszkalne, piwnice, stacje uzdatniania wód, lokale uży-

teczności publicznej) kontakt z podłożem skalnym. Za wielkość i szybkość ekshalacji radonu do takich miejsc odpowiada przede wszystkim budowa geologiczna (zawartość radu Ra-226 w skałach podłoża, izolowany lub spękany, pocięty uskokami górotwór), warunki meteorologiczne (temperatura powietrza atmosferycznego, ciśnienie atmosferyczne, prędkość wiatru) i mikroklimatyczne (temperatura w pomieszczeniu, cyrkulacja, wymiana powietrza, sposób wentylacji). Do budynków radon przedostaje się również przez nieszczelności w fundamentach, mury, studzienki i rury kanalizacyjne, jak i z materiałów budowlanych (również wykończeniowych). Bez względu na źródło i sposób migracji to długość (czas) ekspozycji w warunkach wysokiego stężenia radonu występującego w obiektach użyteczności publicznej, miejscach pracy i budynkach mieszkalnych odgrywa największą rolę w ocenie stopnia narażenia.

RADON W PRZEPISACH PRAWA W POLSCE

Ryzyko narażenia na radon może wystąpić w miejscu zamieszkania, miejscu pracy oraz w budynkach o mieszanym przeznaczeniu. Przepisy znowelizowanej

ustawy – Prawo atomowe oraz ustawy o ochronie przeciwpożarowej wprowadzone 13 czerwca 2019 r. zmieniły wytyczne dotyczące ochrony przed narażeniem na radon. Aktualizacja przepisów ochrony radiologicznej w Polsce była skutkiem wdrożenia do norm krajowych wytycznych Komisji Europejskiej (Dyrektywa Rady 2013/59 Euratom). Nowe przepisy wprowadziły kilka ważnych punktów dotyczących stężenia radonu w miejscach pracy wewnątrz pomieszczeń oraz pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi. Najważniejszą zmianą było wprowadzenie dopuszczalnej w ciągu roku średniej wartości stężenia ^{222}Rn na poziomie 300 Bq/m^3 . Przepisy ustawy zobowiązały również kierowników jednostek do kontroli średniorocznego poziomu stężenia radonu w miejscach pracy (art. 23c ust. 1 Ustawy, 2000). Dodatkowo Główny Inspektor Sanitarny: GIS wydał rekomendacje dla specyfikacji prowadzenia pomiarów, stosowanych metod pomiaru i przyrządów pomiarowych wraz z listą laboratoriów specjalizujących się w pomiarach stężenia ^{222}Rn w miejscach pracy (Opracowanie GIS, 2021; <https://www.gov.pl/web/gis>).

Koordinacją jego działań zajął się Zespół do spraw krajowego planu działania w przypadku narażenia na radon (Obwieszczenie, 2021, poz. 169). Po wejściu w życie nowych przepisów w Polsce wszystkie miejsca pracy, w tym także podziemne obiekty niebędące zakładami górniczymi, zostały zobligowane do prowadzenia pomiaru średniorocznego stężenia radonu. W wyniku przekroczenia rekomendowanej przepisami polskiego prawa (art. 23b Ustawy, 2000) średniorocznej wartości stężenia radonu równej 300 Bq/m³, pracodawca (kierownik jednostki) jest zobligowany do wprowadzenia szeregu działań zaradczych tj.: ograniczenia narażenia pracowników, udzielenia im pisemnej informacji o zwiększonej ekspozycji na radon, przedstawienia wyników prowadzonych pomiarów radiologicznych (art. 23c ust. 2 i art. 23c ust. 3 Ustawy, 2000). W ramach nowelizacji przepisów wprowadzono także obowiązek pomiaru stężenia radonu lub stężenia energii potencjalnej alfa krótkożyciowych produktów jego rozpadu w miejscach pracy zlokalizowanych na poziomie parteru lub piwnicy oraz w miejscach pracy związanych z uzdatnianiem wód podziemnych na terenach, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu w znacznej liczbie budynków może przekroczyć poziom odniesienia.

JAK SYTUACJA WYGLĄDA W PRAKTYCE?

Poziom odniesienia dla średniorocznej stężenia promieniotwórczego radonu w miejscach pracy wewnątrz pomieszczeń oraz w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi wynosi 300 Bq/m³. Ta wartość wyznacza granicę bezpiecznych warunków pracy. Zadaniem kierowników placówek jest utrzymanie stężenia radonu na poziomie bezpiecznym, a w przypadku jego przekroczenia do wprowadzenia działań służących jego obniżeniu. W praktyce bywa różnie. Wpływa na to: brak pomiarów, brak świadomości o istnieniu takiego obowiązku, brak kontroli miejsc pracy zobligowanych do prowadzenia pomiarów przez organy terenowe GIS. Przykładem takich miejsc mogą być

podziemne trasy turystyczne zagospodarowane w dawnych obiektach górniczych, przemysłowych, militarnych, zabytkowych oraz naturalnych pustkach skalnych (jaskiniach). Na terenie Polski podziemnych obiektów turystycznych zobowiązanych do pomiaru średniorocznego poziomu stężenia radonu jest co najmniej 200 z liczbą zatrudnionych około 1,5 tysiąca osób. Ta skala pokazuje, jak dużym wyzwaniem jest przeprowadzenie pomiarów z odpowiednią dokładnością, niezbędną do otrzymania wysokiej jakości wyników. A co za tym idzie, jak trudna jest ocena i kontrola miejsc, które do tej pory nie były objęte żadnymi pomiarami radiologicznymi. W Polsce jest to dodatkowo zadanie skomplikowane, ponieważ jedynie 5 istniejących w kraju laboratoriów posiada akredytacje do prowadzenia pomiarów stężenia radonu w miejscach pracy (Obwieszczenie, 2021, poz. 169; pkt. 4), a same pomiary są czasochłonne i kosztowne.

GŁÓWNY CZYNNIK NARAŻENIA PROMIENIOWANIEM

W Polsce prawnie unormowany jest jedynie mechanizm oceny ryzyka zawodowego, którego radon jest ważnym elementem. W Polsce ryzyko narażenia na promieniowanie jonizujące pochodzące od radonu dotyczy zaledwie 10% powierzchni kraju. Jest to tzw. obszar o wysokim potencjale radonowym, inaczej nazywany obszarem podatnym na występowanie dużego stężenia radonu (ang. *radon prone area*). Obejmuje on głównie Polskę południową: Sudety, Górnośląskie Zagłębie Węglowe, Karpaty, Góry Świętokrzyskie oraz Wyżynę Lubelską (Strzelecki i in., 1993, 1994). Dla mieszkańców Dolnego Śląska i jego górskiego pasma Sudety powinno być to szczególnie ważne, ponieważ łącznie stanowią one największy radon prone area w Polsce (Wołkiewicz, 2007). Znaczna część powiatów tego regionu została także wskazana w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 18 czerwca 2020 r. (Dz.U. z 2020 r. poz. 1139) jako obszar, na którym średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń może przekra-

czać poziom odniesienia wynoszący 300 Bq/m³. Na terenie województwa dolnośląskiego są to powiaty: dzierzoniowski, jeleniogórski, Jelenia Góra, kamienogórski, kłodzki, lubański, lwówecki, polkowicki, trzebnicki, wałbrzyski, Wałbrzych, ząbkowicki, zgorzelecki, złotoryjski. Wynika to głównie ze skomplikowanej budowy geologicznej wspomnianego obszaru, która w czasie trwających okresów niszczenia, formowania i przeobrażenia skał doprowadziła do ukształtowania warunków sprzyjających powstaniu złożowych stref okruszczenia, zarówno minerałami uranowymi, jak i samym uranem. Dzięki temu w wielu miejscach na terenie Sudetów występują punkty mineralizacji uranowej, liczne anomalie promieniowania gamma, jak również 5 złóż uranu średniej wielkości występujących w Kowarach na obszarach górniczych „Podgórze”, „Wolność”, „Budniki” i „Wołowa Góra” oraz w Kletnie w obrębie dawnej kopalni uranu „Kopaliny”. Równie istotne znaczenie mają także ujmowane ze źródeł wody podziemne o zwiększonych wartościach stężenia uranu, radu i radonu. Większość z nich to szczawy o zawartości powyżej 1000 mg/dm³ rozpuszczonego CO₂, który jest jednym z głównych mediów transportujących radon na znaczne odległości (Przylibski, 2005). Poza Dolnym Śląskiem zgodnie z wynikami badań przedstawianymi w pracach naukowych Głównego Instytutu Górnicztwa (Wysocka, 2007, 2011), Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie (Kozak i in., 2010) oraz Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi (Walczak i in., 2017; Olszewski, 2019) można przypuszczać, że na obszarach podwyższonego ryzyka stężenie radonu w gruncie przekracza 50 Bq/m³.

OCHRONA PRZED RADONEM

Głównym i wiarygodnym narzędziem kontroli są pomiary stężenia radonu wykonywane w środowisku pracy. Rekomendacje w sprawie metod i zasad wykonywania pomiarów stężenia radonu określają przepisy Ustawy Prawo atomowe, jak również wytyczne zdefiniowane przez Głównego Inspektora Sanitarnego

(GIS). Pomiary można prowadzić długookresowo, jak również w okresie minimum 1 miesiąca lub w razie możliwości przez kwartał (czas ekspozycji). Do pomiaru dopuszczone są mierniki pasywne (stosowane powszechnie w pomiarach komercyjnych detektory śladowe CR-39 z komorą dyfuzyjną) oraz aktywne (stosowane rzadziej, głównie w pomiarach naukowych np. z wykorzystaniem monitora AlphaGUARD). Pomiary stężenia radonu powinny być prowadzone na stanowisku pracy w pomieszczeniach, w których pracownicy pracują co najmniej 4 godziny dziennie. Natomiast we wszystkich pomieszczeniach (podziemnych, piwnicznych), w których istnieje ryzyko znaczącego wnikania radonu, a pracownicy przebywają co najmniej 50 godzin w ciągu roku, tj. około 1 godzinę w tygodniu. Należy uwzględnić warunki panujące w miejscach pomiaru (sposób wentylacji, jej zmianę), jak również zmiany w organizacji pracy. W takich przypadkach wymagane jest powtórzenie pomiarów we wszystkich pomieszczeniach, w których znajdują się stanowiska pracy. Nie bez znaczenia w prowadzeniu pomiarów jest równomierne rozłożenie detektorów: 1 detektor w każdym pomieszczeniu, a dodatkowo jeżeli pomiary wykonywane są w przestrzeniach o znacznej powierzchni, należy rozmieścić co najmniej 1 detektor na każde 150 m². Pomiarami należy objąć co najmniej 20% pomieszczeń na parterze budynków, lokali i pomieszczeń, w których przebywają ludzie. W pomieszczeniach, w których mimo położenia powyżej parteru spodziewane jest wystąpienie dużych wartości stężenia, należy umieścić co najmniej 1 detektor na 250 m² powierzchni.

Komercyjne pomiary stężenia radonu w miejscach pracy i budynkach mieszkalnych prowadzi na terenie Polski 5 akredytowanych laboratoriów. Badaniami naukowymi (długookresowymi) w tym zakresie na terenie Dolnego Śląska zajmują się pracownicy Politechniki Wrocławskiej (Fijałkowska-Lichwa, 2014, 2016; Fijałkowska-Lichwa i Przylibski, 2011, 2016, 2020, 2021).

Wykonanie pomiarów pozwala określić średnioroczny poziom stężenia radonu oraz dokonać oceny narażenia pracowników, poprzez oszacowanie efektywnej dawki promieniowania. Jej wartość jest niezbędna dla wskazania ryzyka narażenia, a w konsekwencji przydzielenia pracownikom odpowiedniej kategorii narażenia. W przypadku, gdy dawka promieniowania otrzymana przez pracownika w ciągu roku przekroczy 1 mSv/rok, ale jest mniejsza od 6 mSv/rok taki pracownik zostaje przydzielony do kategorii B narażenia. W przypadku, gdy przekracza ona 6 mSv/rok pracownika kwalifikuje się do kategorii A narażenia. Dodatkowo wszystkich pracowników, którzy wykonują pracę w warunkach, których stężenie radonu (pomimo podjęcia działań zgodnych z zasadą optymalizacji) przekracza poziom 300 Bq/m³, ale którzy nie są narażeni na otrzymanie dawki promieniowania większej od 6 mSv/rok zalicza się do pracowników kategorii B (art. 23 Ustawy, 2000).

Oddzielnym zagadnieniem jest system kontroli narażenia zawodowego prowadzony w czynnych zakładach górniczych a wdrożony mocą ustawy Prawo atomowe (Ustawa, 2000) i Prawo geologiczne i górnicze (Ustawa, 2011).

PODSUMOWANIE

Czy tego chcemy, czy nie, radon jest i będzie niewidzialnym towarzyszem naszego życia. Szczególnie mieszkańcy Polski południowej, w tym wielu powiatów Dolnego Śląska spędzają potencjalnie w jego towarzystwie ponad 80% swojego życia. Jest to czas, w którym przebywamy w domach, miejscach pracy, różnego rodzaju budynkach i budowalach użyteczności publicznej. W każdym z tych miejsc możemy mieć realny wpływ na wielkość narażenia. Pamiętajmy o kilku podstawowych zasadach. Pozwolą nam obniżyć ryzyko narażenia, a przez to zwiększyć nasze bezpieczeństwo radiologiczne. Radon kumuluje się w miejscach zamkniętych, izolowanych, słabo wentylowanych. Dostaje się do nich przez instalację gazową, wodociągową, przez wszelkie

nieszczelności w podłożu (fundamentach) oraz pory w materiałach budowlanych. Najprostszym i sprawdzonym elementem ochrony jest regularne przewietrzanie pomieszczeń oraz efektywna wentylacja, np. wyciągowa lub nawiewna. W sytuacjach, kiedy takie rozwiązanie nie jest możliwe, należy pamiętać o skróceniu ekspozycji na radon, poprzez wprowadzenie limitu pracy w warunkach o zwiększonym stężeniu radonu (średnia > 300 Bq/m³ w skali roku). Oprócz typowych działań zaradczych nie zapominajmy o kontrolnych pomiarach dawek indywidualnych lub pomiarach dozymetrycznych w środowisku pracy (art. 17, pkt. 2 Ustawy, 2000).

Dla budynków mieszkalnych metody redukcji stężenia radonu bazują na pięcioetapowej strategii, w myśl której zarówno przy projektowaniu nowych, jak i po remoncie istniejących budynków mieszkalnych należy:

- ◆ oszacować wielkość (poziom) stężenia radonu, w tym potwierdzić lub wykluczyć lokalizację na obszarze radon prone area,
- ◆ zaplanować działania zmierzające do obniżenia poziomu stężenia,
- ◆ uszczelnić konstrukcję budynku i gruntu, na którym jest on posadowiony,
- ◆ usunąć radon poprzez odpowiednio zaprojektowane otwory wentylacyjne,
- ◆ monitorować bieżącą sytuację poprzez wykonywanie pomiarów stężenia.

Szczegółowy wykaz technik zapobiegających dostawianiu się radonu do wnętrza budynków został opisany w artykule wydanym przez Polską Izbę Inżynierów Budownictwa i jest dostępny na stronie internetowej pod adresem: <https://inzynierbudownictwa.pl/jak-obnizyc-poziom-radonu-w-budynkach/>.

dr inż. Lidia Fijałkowska-Lichwa

Politechnika Wrocławska,
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Literatura dostępna w Redakcji

PAULOWNIA (OXYTREE)

słowo w dyskusji

Marek Liszewski, Przemysław Bąbelewski

WPROWADZENIE

Od kilku lat bardzo dynamicznie wzrasta w Polsce zainteresowanie uprawami gatunków, należących do rodzaju *Paulownia* (Fot. 1). Rodzaj wywodzi się z Azji, gdzie naturalnie występuje 13 gatunków, zaliczanych do roślin typu fotosyntezy C_4 , czyli szybko rosnących, charakterystycznych dla rejonów o klimacie tropikalnym kuli ziemskiej. Na obszarze Chin gatunki paulowni są zaliczane do lasotwórczych, z których pozyskuje się drewno. Gatunki te są znane przede wszystkim z dynamicznego wzrostu, ale także z dużej adaptowalności do różnych warunków klimatycznych. Do Europy paulownia została introdukowana w XVII wieku jako drzewo ozdobne. W polskich ogrodach botanicznych i arboretach uprawiana jest paulownia puszysta nazywana również cesarską (*Paulownia tomentosa*), której pojedyncze drzewa rosną na terenach zieleni Polski zachodniej, stosunkowo rzadko można spotkać paulownię Fortunei (*P. fortunei*). Paulownia może stanowić źródło biomasy lub drewna o wysokich walorach użytkowych (Jakubowski 2022). Wzrost popularności tych drzew przyczynił się do stworzenia hybryd: Shan Tong, Cotta Vista 2, Oxytree, Bellisima, uprawianych głównie w krajach południowej Europy (Węgry, Bułgaria, Rumunia). W Polsce zaczęto także rozważać możliwość wykorzystania tego drzewa w szybkiej produkcji surowca drzewnego w uprawie na tzw. plantacjach drzew szybko rosnących. Według leśników takie plantacje, to

intensywna uprawa wąskich populacji lub klonów, wyselekcjonowanych pod względem cech przyrostowych i jakościowych (Zajączkowski 2013). Uprawy zakładane są w celu wyprodukowania, w krótszych niż te stosowane w gospodarce leśnej cyklach, jak największej ilości surowca drzewnego dla przemysłu lub energetyki.

W 2015 r. wprowadzono do uprawy w Polsce nowe, szybko rosnące drzewo, o handlowej nazwie Oxytree (Paulownia Clon in Vitro 112). Paulownia Clon In Vitro 112 to drzewo, które powstało w warunkach laboratoryjnych, w Laboratorium In Vitro S.L. z Sant Feliu de Llobregat w okolicy Barcelony w Hiszpanii (numer identyfikacyjny szkółki ES-09-08-0016) w wyniku skrzyżowania i klonowania dwóch gatunków *Paulownia elongata* i *P. fortunei*. Oxytree to mieszańiec rozmnażany in vitro, który jest objęty prawami autorskimi, a rozmnażanie, bez wykupienia licencji, w sposób wegetatywny jest zabronione. W 2011 r. drzewo zostało zgłoszone do rejestracji przez Wspólnotowy Urząd Ochrony Odmian Roślin (CPVO) i uzyskało dopuszczenie na rynek europejski. Paulownia Clon in Vitro 112 pochłania znaczne ilości dwutlenku węgla podczas cyklu fotosyntezy C_4 , produkując przy tym duże ilości tlenu. Ta cecha dała nazwę Oxytree, co tłumaczymy jako „drzewo tlenowe” (Świechowski i in. 2019). Katedra Leśnictwa i Genetyki Uniwersytetu Castilla-La Mancha (Hiszpania) potwierdziła, że ta odmiana jest najlepszym klonem paulowni dla warunków europejskich. Paulownia

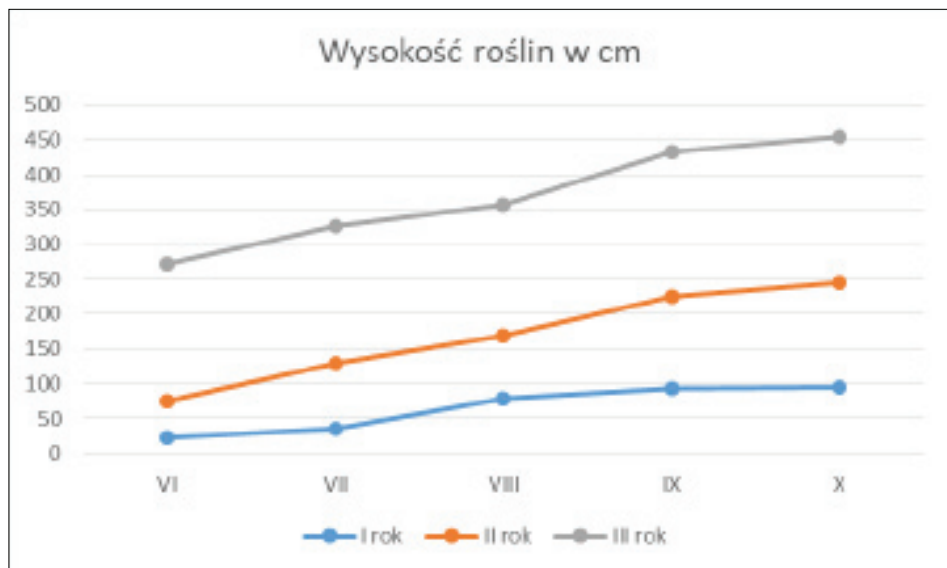


Fot. 1. Drzewo Oxytree (7. letnie) rosnące we Wrocławiu na terenie Campusu UPWr na Biskupinie. Fot. Marek Liszewski

Clon In Vitro 112 wyhodowana przez hiszpańskich naukowców wykazuje bardziej korzystne cechy w porównaniu do innych odmian tego rodzaju, tj.:

- ◆ wysoka odporność na ekstremalne temperatury w zakresie od -25°C do $+45^{\circ}\text{C}$,
- ◆ szybkie tempo wzrostu i wysoka wydajność biomasy,
- ◆ osiąga wysokość 15-20 m, uzyskując przy tym średnicę pnia - 25-30 cm już w 6. roku

Mieszańiec ten jest uznawany za odpowiedni do produkcji biomasy, drewna okrągłego i rekultywacji (fitoremediacji).



Rys. 1. Wysokość roślin Oxytree

CENNA BIOMASA

W 2016 r. na polach należących do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu założono jedne z pierwszych w Polsce plantacji z Oxytree. Dwa lustrzane doświadczenia zostały zlokalizowane w odmiennych warunkach glebowych, pierwsze na glebie lekkiej (Pawłowice), drugie na glebie średniej (Psary). Celem było określenie wpływu warunków glebowych na przyrosty biomasy. Przeanalizowano także wpływ zróżnicowanych czynników agrotechnicznych, jak nawadnianie czy zastosowanie agrotkaniny, na rozwój i plonowanie (biomasa) Oxytree. Prowadzącymi doświadczenia byli autorzy tego tekstu.

Poniżej wyniki badań własnych przeprowadzonych w latach 2016–2023 na polu doświadczalnym w Pawłowicach.

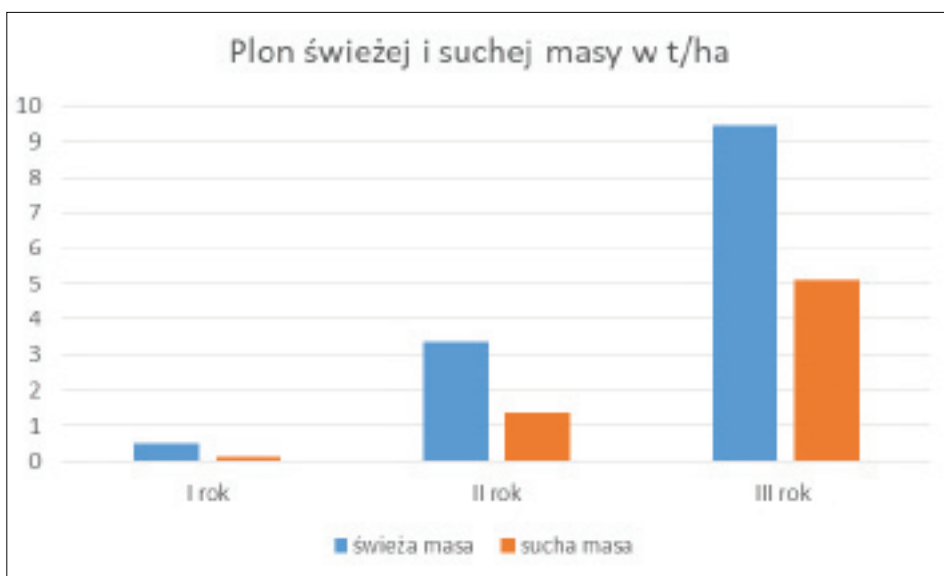
Doświadczenie przeprowadzono na glebie brunatnej lekkiej (piasek słabo gliniasty do gliniastego lekkiego), z dobrze rozwiniętym poziomem próchnicznym o miąższości do 30 cm. Gleba wykazywała wiosną cechy nadmiaru wody od głębokości około 90 cm w profilu glebowym. W doświadczeniu przedplonem dla Oxytree był ziemniak. Uprawa roli obejmowała wykonanie pod koniec listopada 2015 r. orki przedzimowej. Następnie wiosną doprawiono rolę broną ciężką oraz agregatem uprawowym z broną wirnikową oraz wałem ugniatającym.

W początkowym okresie rozwoju, przez miesiąc od posadzenia, wszystkie rośliny

były podlewane, niezależnie od czynnika badawczego. W kolejnych miesiącach, aż do zakończenia wegetacji, na obiektach z nawadnianiem zasilano poletka wodą w ilości 2500 dm³/h za pomocą linii kroplującej, bez kompensacji. Sadzonki Oxytree zostały posadzone 19.05.2016 (po ostatnich przymrozkach), w tzw. cynek, w rozstawie rzędów – 4 m i w odległości 4 m pomiędzy roślinami. Liczba roślin na poletku wynosiła 5 szt., co po przeliczeniu daje obsadę 625 roślin na 1 ha. W maju 2017 roku (15.05) przycięto główne pędy na wysokości 5 cm nad ziemią, aby wyprwadzić pień (Świechowski i in. 2019).

Na podstawie wyników i obserwacji po 3. roku prowadzenia doświadczenia można stwierdzić, że: rośliny Oxytree charakteryzują się dużą dynamiką wzrostu, niezależnie od wariantów uprawy (nawadnianie, agrotkanina) (Liszewski, Bąbalewski 2017). Najwyższe przyrosty notowano w miesiącach letnich: 1,27 cm/dobę w I roku badań do 1,96 cm/dobę w drugim roku badań i 1,84 cm/dobę w trzecim roku badań (Rys.1).

W 2018 r. (drugi rok przyrostu) obwód pnia Oxytree na wysokości 130 cm (tzw. pierśnica) wyniósł średnio 24,1 cm i nie był zróżnicowany istotnie badanymi czynnikami. W trzecim roku wegetacji rośliny znacząco przyrosły na długość, osiągając wysokość pod koniec wegetacji, średnio – 511,3 cm. Całkowita świeża masa pojedynczej rośliny wyniosła średnio od 741 gramów po I sezonie, w kolejnym – 5441 g (II rok doświadczenia), zaś w sezonie 2018 wzrosła do 15 088 g (III rok doświadczenia), czyli rośliny zwiększyły swoją biomasę o 177% w ciągu jednego sezonu. Po wysuszeniu średnia sucha masa pojedynczej rośliny wynosiła od 212 g (I rok doświadczenia) do 2047 g (II rok doświadczenia) i 8183 g w III roku badań. Plon świeżej masy z hektara plantacji kształtował się na poziomie od 0,49 t z ha (I rok) do 3,4 t/ha (II rok) i 9,44 t/ha (III rok). Plon suchej masy roślin wyniósł od 0,13 t/ha



Rys. 2. Plon świeżej i suchej masy (przy obsadzie roślin 625 szt./ha)

Tab. 1. Plon świeżej masy i suchej masy roślin (średnie dla czynników) z sezonów 2020, 2021

| WYSZCZEGÓLNIENIE | Sezon 2020 | Sezon 2021 |
|----------------------------------|------------|------------|
| Plon świeżej masy roślin (t/ha)* | 18,1 | 32,35 |
| Plon suchej masy roślin (t/ha) | 7,38 | 17,0 |

*przy założeniu, że na 1 ha przypada 625 roślin (I rok wegetacji) do 1,35 t/ha w drugim roku wegetacji i 5,11 t/ha w III roku badań (Rys. 2).

Po 4 latach wzrostu pnia głównego rośliny osiągnęły średnią wysokość ok. 640 cm. Średnica pędu głównego u podstawy wyniosła średnio 177 mm. Obwód pnia u podstawy ustalono na 56,0 cm, zaś na wysokości 130 cm (pierśnica) obwód ten miał średnio 44,8 cm. Po 5 latach rośliny przestały przyrastać na wysokość i rozgałęziać się (liczba gałęzi na roślinie – 15,8), zaś przyrastały na grubość ich pnie, obwód pnia u podstawy zwiększył się do 65,8 cm, zaś na wysokości 130 cm – do 45,9 cm.

Całkowita świeża masa roślin z 2020 roku wyniosła średnio 29 kg. Po wysuszeniu średnia masa rośliny wyniosła 11,8 kg i stanowiła 40,8% świeżej masy rośliny. W suchej masie roślin dominowała sucha masa pni i gałęzi (83,1%). Świeża masa liści stanowiła w 2021 ok. 15,0% masy całkowitej roślin, resztę stanowiły pnie i gałęzie. Udział suchej masy pędów w masie całkowitej wyniósł 90,8%. W miarę starzenia się roślin wzrasta więc udział pędów w świeżej i suchej masie roślin. W piątym roku uprawy plon świeżej masy (drzewa o 4-letnim przyroście pnia) kształtował się na poziomie 18,1 t/ha, zaś plon suchej masy wyniósł 7,38 t z ha. W kolejnym roku całkowity plon świeżej masy zwiększył się o 78,7%, zaś plon suchej masy o 130,4% (Tab. 1).

Wyniki uzyskane w warunkach gleby średniej kształtowały się analogicznie przez pierwsze 3 lata, w późniejszych latach były mniejsze o 30% w porównaniu do tych uzyskanych na glebie lekkiej. Drzewa są wrażliwe na przymrozki na obszarach, gdzie plantacje nie są osłonięte od wiatru, szczególnie na glebach mocno uwilgotnionych.

WYKORZYSTANIE BIOMASY DO PRODUKCJI BIEWĘGLA

Jak w przypadku każdej innej plantacji podczas zabiegów agrotechnicznych, jak i w momencie pozyskania drewna na cele przemysłowe powstają znaczne ilości odpadów (gałęzie, liście, fragmenty drewna niespełniające wymagań itp.), których pozostawienie na polu stanowi stratę. Wykorzystanie procesów przetwarzania zebranej biomasy, pozwala nie tylko je ograniczyć, lecz może stanowić dodatkowe źródło zysku. Z tego względu na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu podjęto się próby przetworzenia pozostałości z zabiegów pielęgnacyjnych Oxytree w materiał o wysokiej wartości energetycznej. W tym celu wykorzystano znany od dawna proces termicznej waloryzacji drewna określanej terminem toryfikacji (Świechowski i in. 2019).

Wykorzystanie pozostałości z uprawy Oxytree w sposób energetyczny jest tylko jedną z wielu możliwości, które należy rozważyć. Toryfikaty, bądź biewęgle (także toryfikaty, tylko że wytworzone w wyższych temperaturach charakterystycznych dla pirolizy >320°C) wykonane z pozostałości z uprawy Oxytree znaleźć mogą także zastosowanie jako substancje ulepszające właściwości gleb, zwiększające sprawność procesów biologicznych wykorzystywanych do przetwarzania odpadów, czy też jako sorbenty zanieczyszczeń. W wielu krajach biewęgiel znajduje zastosowanie w metalurgii, przy produkcji żelazostopów. Większość projektów badawczych w tym zakresie jest oparta na założeniu pozyskania biewęgla z lasów już istniejących, jest to jednak temat dość kontrowersyjny pod wieloma względami. W Brazylii używają wyłącznie biewęgla w metalurgii. Jednak pochodzi on z przetwarzania drewna eukaliptusowego, pochodzącego z upraw. Eukaliptus jest sadzony na wielkich farmach i po paru latach poddawany pirolizie, a następnie używany jako reduktant w procesach metalurgicznych. Czy Oxytree może stać się „polskim eukaliptusem” na potrzeby metalurgii? Kto wie? Według badań przeprowadzonych przez zespół prof. Białowca na UPWr proces pirolizy drewna Oxytree pozyskanego po pierw-

szym roku prowadzenia plantacji na skutek cięcia technicznego, niczym nie różni się od pirolizy zwykłego drewna (Białowiec i in. 2020).

POZYSKANIE DREWNA O WYSOKICH WALORACH UŻYTKOWYCH

Drewno paulowni wykorzystywano dawniej i obecnie w Chinach i Japonii do produkcji instrumentów, mebli, a nawet domów. W czasach starożytnych, gdzie ogień uważany był za najstraszliwszy żywioł, ludność japońska budowała domy z drewna paulowni w celach ochronnych, ponieważ ma ono wysoką temperaturę zapalności.

Właściwości pnia Oxytree:

- ◆ Gęstość (w przypadku zielonego drzewa): 700-800 kg/m³
- ◆ Gęstość (w przypadku suchego drzewa): 300-310 kg/m³
- ◆ Kolor: żółtobiały
- ◆ Twardość: 1,4 kN
- ◆ Sprężystość: 6,3 Gpa
- ◆ Wytrzymałość na rozciąganie: 42 Mpa
- ◆ Odporność na ściskanie: 20 MPa

Właściwości drewna Oxytree:

- ◆ Lżejsze w porównaniu do innych gatunków (gęstość w suchym stanie 300-400 kg/m³, buk – gęstość w stanie suchym- 680-880 kg/m³),



Fot. 2. Deska surfingowa z drewna Oxytree.
Fot. Marek Liszewski

Tab. 3. Właściwości pni z lat 2022-2023
(badania własne – Pawłowice)

| Wyszczególnienie | Cecha [cm] | | |
|------------------|------------|---------------------|---------------------------|
| | długość | średnica u podstawy | obwód na wysokości 130 cm |
| 2022 | 663 | 24 | 50,0 |
| 2023 | 699 | 21 | 53,0 |

- ♦ wysoka temperatura zapalności (420-430°C),
- ♦ wartość opałowa – 19,520 MJ/kg,
- ♦ materiał łatwy w obróbce,
- ♦ elastyczne, nie wypacza się,
- ♦ nadaje się do malowania i lakierowania,
- ♦ wodoodporne,
- ♦ dobrze izoluje,
- ♦ jednorodne, pozbawione sęków i wosku.

Na podstawie badań własnych ustalono, że drewno paulowni rzeczywiście posiada stosunkowo wysoką temperaturę zapalności w porównaniu z innymi popularnymi gatunkami drewna (Tab. 2).

Zastosowania drewna:

- ♦ w meblarstwie (sklejka, okleina, deski),
- ♦ w budownictwie: elewacje, okna, drzwi, konstrukcje, więźby,
- ♦ produkcja instrumentów,
- ♦ produkcja nart (firma Rossigniole),
- ♦ deski surfingowe (Fot. 2),
- ♦ produkcja skrzynek do owoców,
- ♦ żaluzje okienne,
- ♦ beczki,
- ♦ wnętrza jachtów, samolotów, samochodów (ciężarówki),
- ♦ łodzie (<http://oxytree.plzastosowanie-oxytree-2/>).

W kolejnych latach (po 7 i 8 latach od posadzenia) przyrosty drzew na wysokość ustają, średnica pnia u podstawy nie powiększa się, zaś obwód pni na wysokości pierśnicy wykazuje niewielki wzrost. Parametry

pni wskazują, że osiągnięcie średnicy pnia 30 cm wymaga dłuższego czasu niż w Hiszpanii (Tab. 3). Wynika to z niższych temperatur w sezonie i krótszego okresu wegetacyjnego w Polsce.

WYKORZYSTANIE OXYTREE W REKULTYWACJI

Przetestowano możliwości uprawy drzewa Oxytree na różnych glebach, w tym mało przydatnych dla rolnictwa, oraz na podłożach z zastosowaniem odpadów przemysłowych, zawierających takie komponenty, jak: kompost miejski (na bazie osadu ściekowego) oraz popiół. Kompost, jak i popioły mogą z powodzeniem być stosowane pod uprawę paulowni (Oxytree), nie zagrażając jej w rozwoju. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że najlepszym wariantem komponentów (podłoży), jako dodatku do gleby, dla uprawy klonu paulowni okazał się dodatek kompostu w ilości 5 t/ha wraz z popiołem w ilości 2 t/ha.

PRZYDATNOŚĆ OXYTREE DO NASADZEŃ W MIEŚCIE

Wysokie średnio-dobowe przyrosty (do 2 cm w miesiącach letnich), duże, omszone liście, w konsekwencji duża biomasa, potwierdzona witalność rośliny, wykorzystanie cyklu fotosyntezy typu C4, długie utrzymywanie się liści na pędzie (aż do pierwszych przymrozków) przemawiają za możliwą korzystną współpracą ze środowiskiem miejskim, zwłaszcza w warunkach zanieczyszczenia powietrza pyłami (PM 2,5) i CO₂. Zwrócić też należy uwagę na możliwość wykorzystania mieszańca w celu ograniczenia zjawiska „wysp ciepła” w mieście w Polsce zachodniej (Bąbalewski i in. 2017).

Problemem występującym na terenach miejskich jest zanieczyszczenie miast po-

wodowane aktywnością komunikacyjną. Wstępne badania potwierdziły znaczny potencjał fitoremediacyjny paulowni w zakresie depozycji pyłów, potwierdzając, że nasadzenia takie odpowiednio kształtowane mogą prowadzić do zmniejszania stopnia zapylenia centrów i osi komunikacyjnych. Szybko przyrastająca biomasa roślin stwarza także możliwości szybkiej oraz skutecznej sekwestracji CO₂ z atmosfery. Dlatego w przypadku tego mieszańca należy się też spodziewać wyższej skuteczności pochłaniania CO₂ z atmosfery.

NOWA ROŚLINA POŻYTKOWA (WARTOŚĆ PSZCZELARSKA)

Paulownia zaczyna wytwarzać kwiatostany w końcu lipca lub na początku sierpnia roku poprzedzającego kwitnienie. Rosną one aż do jesieni i są dobrze widoczne po opadnięciu liści na końcach pędów. Wiosną zakwitają stopniowo, zaczynając od dolnych partii kwiatostanu (fot. 3).

W wykorzystanej do badań plantacji Paulowni Clon In Vitro 112 zakwitły drzewa 3-letnie, na których przed zakwitaniem uśredniona liczba kwiatostanów wynosiła 40 sztuk (Chorbiński, Liszewski 2020). Jednak znaczna część wykształconych kwiatostanów nie rozwinęła kwiatów, spowodowane było to prawdopodobnie niskimi sumami opadów deszczu w sezonie 2018, w którym następowało wytwarzanie i formowanie kwiatostanów. Również ich umiejscowienie na szczytach pędów uwrażliwia je na niskie temperatury wiosną. Ciepły i wilgotny październik 2018 roku sprzyjał przedłużeniu wegetacji Oxytree, a zawiązki kwiatów nie zdrewniały odpowiednio przed przymrozkami.

Kwiaty Oxytree, pod względem stężenia cukru w nektarze (średnio 44,3%), cechują się dobrą atrakcyjnością dla pszczół. Ten parametr jest uzależniony od wilgotności powietrza. Uzyskana w doświadczeniu potencjalna dostępność surowca cukrowego dla 1 ha 3-letniej uprawy, wynosząca 237,5 kg cukru, daje w przeliczeniu około 300 kg miodu. Podawana przez producenta możliwość uzyskania 700 kg miodu jest możliwa w przypadku drzew co najmniej 4-letnich na dobrze utrzymanych plantacjach.

Tab. 3. Właściwości spalania wybranych gatunków drewna (badania własne)

| Cecha | Gatunek drewna | | | |
|----------------------------------|----------------|------------|--------|-----------|
| | dąb | sosna | świerk | paulownia |
| zapłon temp. (°C) | 340* | 330 | 320 | 350 |
| czas palenia/ (samozgaszenie) | 3 min 58 s | 3 min 10 s | 28 s | 1 min |

*suchy materiał (wilg < 10% z suszarki próżniowej)

Paulownia może być wartościową rośliną nektarodajną, ale raczej jako nasadzenia soliterowe. Uprawy przemysłowe na pozyskanie drewna okrągłego, będą w pierwszym i drugim sezonie obojętne dla pszczół, średnio atrakcyjne w trzecim, a atrakcyjne w czwartym sezonie. Tylko w pierwszym cyklu produkcyjnym drzewa mogą osiągnąć wiek 6 lat, w następnym są ścinane po 4 latach. Powoduje to, że taka uprawa nie ma stałej corocznej wartości pszczelarskiej.

POTENCJAŁ ALLELOPATYCZNY OXYTREE

Wyniki badań laboratoryjnych potencjału allelopatycznego hybrydy *P. elongata* × *P. Fortunei* wykazały hamujący wpływ ekstraktów z liści na kiełkowanie i początkowy wzrost siewek gorczycy białej (*Sinapis alba*) (Halarewicz i in. 2017). Ekstrakty w wysokich stężeniach działały szkodliwie na siewki kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis*), natomiast nie wpływały na wzrost i rozwój wiechliny łąkowej (*Poa pratensis*). Badania będą kontynuowane.

ŹRÓDŁO BIORÓZNORODNOŚCI – ZASTOSOWANIE W SYSTEMACH AGROLEŚNYCH

Uprawa współrzędna może wykazywać pozytywny wpływ na obieg kluczowych pierwiastków poprzez zwiększenie aktywności enzymów glebowych i biomasy drobnoustrojów, zwiększając bogactwo i różnorodność społeczności bakteryjnej oraz wzrost zawartość węgla całkowitego w glebie, dostępnego potasu i fosforu. Badania wskazują, że mikroorganizmy glebowe i ich różnorodność są większe w przypadku systemów agroleśnictwa (Liszewski, Chorbiński 2022).

Ścisłe doświadczenie polowe z gryką (*Fagopyrum esculentum* Moench) i paulownią (Clon in Vitro 112 – Oxytree; *P. elongata* × *P. fortunei*) zostało założone w 2019 roku metodą losowanych bloków na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu. Badanym czynnikiem była współrzędna uprawa gryki w międzyrzędziach na tle kontroli, które stanowiła uprawa wyłącznie gryki. Doświadczenie założono na



Fot. 3. Kwiatostan Oxytree. Fot. Marek Liszewski

glebie sklasyfikowanej jako mady właściwe próchniczne. Różnorodność społeczności drobnoustrojów glebowych była większa w systemie uprawy współrzędnych niż w monokulturze. Wyniki badań dostarczają dowodów na to, że uprawa drzew paulowni na polach uprawnych z gryką może zwiększyć produkcję roślinną oraz wpłynąć na życie mikrobiologiczne gleb.

PODSUMOWANIE

Interdyscyplinarne badania dotyczące Oxytree pozwalają komplementarnie spojrzeć na zagadnienia związane z uprawą tego drzewa i przewidzieć skutki zarówno dla środowiska rolniczego, jak i miejskiego. Wnioskowanie na podstawie wyników badań pozwala na produkcję drewna z Oxytree zgodnie z zasadami biogospodarki, czyli zagospodarowaniu będą mogły podlegać także odpady powstające podczas upraw. Analiza allelopatycznego oddziaływania resztek roślinnych Oxytree daje informacje na temat możliwości wprowadzenia tego drzewa do nasadzeń na terenach zurbanizowanych oraz skutków dla roślin uprawianych w międzyrzędziach na plantacjach lub jako roślin następczych po zlikwidowanej plantacji Oxytree. W tych okolicznościach niewątpliwą korzyścią z badań nad Oxytree jest obalenie pewnych mitów i uprzedzeń ze strony różnych instytucji. Na podstawie wyników badań na UPWr można stwierdzić, że rośliny Oxytree charakteryzują się dużą dynamiką wzrostu, potwierdzają się również doniesie-

nia o małych wymaganiach Oxytree w stosunku do jakości gleby. Nie stwierdzono szkodników i chorób, które stanowiłyby zagrożenie dla młodych drzewek. Rośliny są wytrzymałe na silne podmuchy wiatru i stabilne (są silnie ukorzenione i posiadają sztywne pędy oraz mocno osadzone liście na pędzie). Jako młode rośliny na ogół dobrze przetrzymały w gruncie w latach 2016-2023.

Postępujące zmiany klimatyczne przyczyniają się do zmiany naturalnych zasięgów niektórych gatunków drzew, tworzących strukturę lasów w Polsce i Europie. Bardzo istotne będzie zagospodarowanie drewna

z olbrzymich przekształceń, które powstaną w wyniku zmian strukturalnych lasów. Jednocześnie ważne będzie szukanie nowych gatunków drzew produkujących drewno w szybszym czasie w porównaniu z gatunkami lasotwórczymi, u których wartość rębna uzyskuje się po kilkudziesięciu latach. Istotnym rozwiązaniem będzie wprowadzenie gatunków szybko rosnących drzew w uprawy rolne (GO) na glebach słabych i ubogich w składniki pokarmowe lub na obszary poprzemysłowe wymagające rekultywacji. Gatunki drzew szybko rosnących powinny być wprowadzane na takie obszary, by wykorzystywać ich potencjał produkcyjny. Obiecujące stają się gatunki drzew laboratoryjnych, które wyróżniają się szybkim wzrostem, tworząc olbrzymie zasoby biomasy, osiągając wartość rębna po około 6-8 latach uprawy, po czym szybko odrastają i powtórnie drewno ich może być wykorzystane do tworzenia konstrukcji drewnianych, łączników drewnianych. Uprawa drzew Oxytree pozwoli uchronić rodzime gatunki lasotwórcze przed wycinką. Dodatkową korzyścią zastosowania drzew laboratoryjnych jest szybkie wbudowywanie CO₂ w struktury drewna oraz produkcja w procesie fotosyntezy dużych ilości tlenu.

dr hab., prof. uczelni Marek Liszewski
Instytut Agroekologii i Produkcji
Roślinnej UPWr

dr hab., prof. uczelni Przemysław Bąbalewski
Katedra Ogrodnictwa UPWr

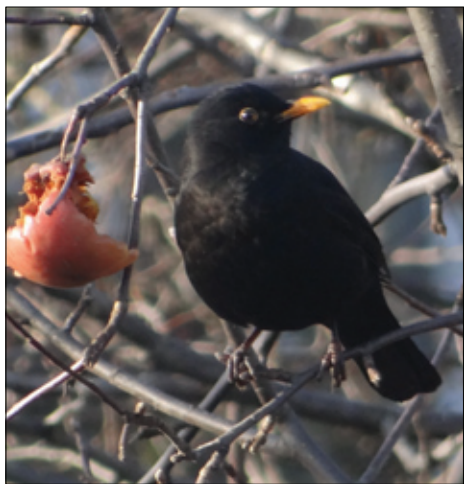
SPOTKANIA Z PRZYRODĄ

Część 21. PRZEDZIMIE

Zbigniew Jakubiec

GAWRONY

Zimą gawrony wspólnie nocują w za-
drzewieniach, gdzie każdego dnia, wie-
czorem zbierają się wielotysięczne stada.
Codziennie też ma miejsce rytuał rannego
opuszczania noclegowiska i popołudnio-
wego powrotu. Nisko nad miastem, jeszcze
przed wschodem słońca, lecą szybko wstę-
gi ptaków, miarowo machając skrzydłami.
Gdy robi się jaśniej, ptaki lecą wysoko, ale
gdy jest zła pogoda lecą tuż nad budynkami.
Zupełnie inaczej wygląda powrót. Gawrony
lecą wolno, a w słoneczne dni niektóre smu-
gi ptaków przypominają drobne kropeczki
na błękitnie. Kiedy napotykają kominy cie-
płego powietrza, wtedy lecąca wstęga zwi-
ja się i zaczyna krążyć. Ustaje praca skrzydeł
i widać kłębiące się sylwetki, a nierucho-
me skrzydła służą tylko do utrzymania się
w powietrzu. Być może jest to chwila od-
poczynku po wielokilometrowej wędrówce.
Krążący wir ptasi wznosi się coraz wyżej
i powiększa się z każdą chwilą. W pewnej
chwili gawrony podejmują dalszą wędrów-



Fot. 1. Kos. Fot. Agnieszka Pycińska

kę i wtedy z krążącego kłębu oddziela się
smuga ptaków i leci dalej prosto. Przypo-
mina to odwijanie włóczki z kłębka.

W pochmurne, zimowe dni gawrony
wracają wcześniej i stada liczące nawet kilka-
set ptaków, pojawiają się na niebie w formie
zataczającego koła. Wirujące stada lecą ni-
sko nad osiedlem, to się łączą, to dzielą, a gdy
jedno znika z pola widzenia, zaraz pojawia
się następne. Przypomina to zabawę i czer-
panie przyjemności z powietrznych ewolucji
w grupie. Gdy zaczyna się ściemniać, gaw-
rony nie przejawiają już chęci krążenia, za to
nisko, nad dachami lecą szybko smugi pta-
ków, zmierzając w kierunku noclegowiska.

KTO SZYBSZY?

Przed kuchennym oknem, na piątym
piętrze nagle zawirował tłum ptaków, kaw-
ki, gawrony, śmieszki i gołębie. No tak,
sąsiedzi z góry wysypali na parapet trochę
chleba, aby dokarmić ptaki w środku mroź-
nej i śnieżnej zimy. Kawki i gołębie siadają
na parapecie bez oporów, ale mewy i gaw-
rony podlatują i starają się w locie porwać
kęs. Podobnie zrobiła sroka, która porwaw-
szy jedzenie, szybko odleciała. Robi się za-
mieszanie, mewy głośno kwilią i krążą przed
oknem. W pewnej chwili mewa z kawał-
kiem chleba w dziobie odlatuje od okna, ale
nad jezdnią kasek wypada jej z dzioba. Ptak
natychmiast kręci w powietrzu wspaniałe
piruety i gwałtownie opada w dół, jednak
siedzący na gałęzi gawron nie przegapił
okazji i nim mewa doleciała do ziemi, on
z kawałkiem chleba już siedział na gałęzi
i spożywał zdobyty kęs. Innym razem mewę
z kęsem w dziobie długo prześladowała
inna mewa, której w końcu udało się zdobyć
porzucaną porcję. Natomiast gawron długo

gonił uporczywie mewę i oba ptaki kręciły
w powietrzu wspaniałe ewolucje. I tym ra-
zem mewa wyrzuciła z wola w powietrzu
kęs, a prześladowca natychmiast go chwy-
cił. Przypomniało mi to prześladowanie na
Spitsbergenie mew trójpalczastych przez
wydrzyki pasożytne. Kiedy mewy wracały
znad oceanu z pełnymi wolami czerw-
nego kryla, to każdy wydrzyk wybierał ze
stada jedną ofiarę, prześladował i pobierał
należny haracz.

Konkurencja trwa wszędzie i wygrywa
ten, kto szybszy, kto sprawniejszy, kto bar-
dziej przebiegły.

POSIADACZE I KONKURENCJA

W starym sadzie jesienią pozostało pod
drzewami sporo niezbranych jabłek. Teraz,
zimą jest to cenny i poszukiwany pokarm wie-
lu zwierząt. Sarny uparcie rozgrzebią śnieg,
odslaniają płyty trawy i wykopują smakoły-
ki. Oczywiście nie wszystko bywa przez nie
zjadane i resztki są z kolei wykorzystywane
przez ptaki. Pod jabłonkami, w miejscach że-
rowania saren, podskakują kwiczoły i zgodnie
przeszukują odsłonięte spod śniegu skrawki
trawnika. Od czasu do czasu pojawia się w sa-
dzie stadko trznadli. Siedzą na jabłonkach, co
chwilę kilka ptaków ląduje na odkrytej ziemi
i szuka czegoś do zjedzenia. Jednak najczęściej
pod jabłonkami można zobaczyć kosy.

Zachowanie kosów na żerowisku jest
zupełnie inne niż pozostałych ptaków. Pod
jabłonką, pomimo że jabłka leżą na kilku
metrach kwadratowych, może żerować tylko
jeden kos, który przegania wszystkich kon-
kurentów. Pod takim drzewem skacze tylko
jeden posiadacz tego skarbu, wokół, w bez-
piecznej odległości, skacze kilku potencjal-
nych stołowników, a sytuacja zmienia się z mi-

nuty na minutę. Cały czas trwa przeganianie, a niekiedy konflikt kończy się poderwaniem w powietrze obu przeciwników i z głośnym skrzeczeniem odlotem na większy dystans. Wtedy przestrzeń pod jabłonką obejmuje we władanie nowy posiadacz i wszystko zaczyna się od początku. Tak więc, wśród kosów obowiązuje zasada, że nie tylko należy samemu zaspokoić głód, ale jeszcze bronić tego, co się znajdzie przed konkurentami.

SROKI

Za oknem, przy spacerowym trakcie, rośnie kilka dużych drzew: lipa, dzika czereśnia, jesion i kilka mniejszych drzew. Teraz, w zimie, ich nagie korony dobrze są widoczne na tle nieba. Rano, tuż po pojawieniu się pierwszych promieni słońca, zjawia się tu kilka srok, które skrzecząc, zaczynają poszukiwać w okolicy czegoś do zjedzenia. Przeszukują trawniki, a potem gdzieś znikają na długie godziny. Za to po południu, na długo przed zapadnięciem zmroku, gromadzi się na tych drzewach liczna sroczka społeczność. Najpierw pojawia się kilka sztuk, a potem, w miarę ubytku światła, stale dolatują nowe ptaki. Oczywiście sroki są towarzyskie, cały czas skrzeczą i wymieniają między sobą wiele informacji. Siadają na najwyższych drzewach, przeskakują z gałęzi na gałąź, kiwają długimi ogonami i każdego przybysza lub małą grupę witają radosnym poskrzekiwaniem. Ceremonia ta trwa aż do zapadnięcia zmroku, wtedy stado ponad pięćdziesięciu srok zrywa się i w ciemności leci gdzieś, na miejsce noclegu. Jest to zwykle jakiś niewielki zagajnik lub gęste krzaki, gdzie zbiera się nawet kilkaset ptaków. Ta-



Fot. 2. Sarny w zimowym sadzie.
Fot. Zbigniew Jakubiec

kie miejsce odkryłem niedaleko nad Odrą, w gęstych krzewach kolczastej tarniny, która znakomicie chroni ptaki przed różnymi nocnymi wizytami. Sroki zlatują się tam w ciemności i ludzie na ogół nie wiedzą, że tuż koło ich domów lub ruchliwych ulic, nocują te piękne ptaki.

EKONOMIA PRZYRODY

Na wprost bloku, w którym mieszkam, posadzono przed laty podwójny rząd klonów. Wyrosły wspaniale i sięgają już szóstego piętra. Chronią od wiatrów, są miejscem gniazdowania srok, grzywaczy i wron. Zbliżając się wiosną witają żółtymi kwiatami, a już na początku lata pojawiają się na nich skrzydlate owoce. Początkowo spadają nie ziemię owoce niedojrzałe, małe, źle wykształcone, ale na jesieni, przy dobrym urodzaju, podłoże zasłane jest tysiącami klonowych skrzydłaków.

Bezśnieżny tegoroczny wrocławski gruzdzień, dosyć typowy dla bodaj najcieplejszego rejonu naszego kraju. Idę pod aleją klonów po kobiercu ich nasion. Część z nich wiatr zgarnął w przymy pod płótem lub złożył w najmniejsze nawet zagłębienia, ale większość leży na gołej ziemi, częściowo wdeptana w wilgotne podłoże. Patrząc na tę pokrywę i uświadamiam sobie, że żadne z tych tysięcy nasion klonów, jakie zalegają pod szpalerem drzew, nie ma szans nie tylko na dojście do wieku wydania nowych nasion, ale nawet na skielkowanie i wyrośnięcie małej siewki. To niesamowite marnotrawstwo. Ale przecież nie dotyczy to tylko klonów. Podobne prawidłowości można obserwować u brzoź rozsiewających swoje drobnutki nasiona lub wśród topól zaścielających już w maju ziemię kobiercami wełnistych zwojów, wśród których tkwią drobne nasiona.

Patrząc na tę ogromną, nieefektywną produkcję nasion, przypomniałem sobie obserwacje dramatów, jakie obserwowałem na Fjørholmen, małej wyspie u wejścia do fiordu Hornsund na Spitsbergenie. Wyspy zapewniają wprawdzie ochronę lęgów przed czworonoznymi drapieżnikami, ale nie chronią przed drapieżnymi ptakami. Na Fjørholmen gnieździło się niemal 100 par edredonów i 30 par rybitw popielatych oraz 27 par mew

bladych, głównych niszczycieli gniazd obu poprzednich gatunków. Aby nie płoszyć ptaków, siedziałem nieruchomo na pniu dryftowego drewna i obserwowałem wielokrotne próby spędzenia z gniazd samic edredonów lub pokonania stad rybitw broniących zespołowo dostępu do swojej kolonii. Jeżeli udało się spędzić z gniazda siedzącą kaczkę lub gdy na chwilę gniazdo pozostawało bez opieki, natychmiast siadały przy nim mewy i zjadały wszystkie jaja. Mewy wyjadają nie tylko jaja ptakom, ale także porywają z wody małe pisklęta. Wśród edredonów tworzą się grupy samic, także tych, które utraciły lęgi i powstają stada ochraniające grupki małych piskląt. Takie kaczki przedszkola, funkcjonujące aż do czasu osiągnięcia przez młode samodzielności. Z moich obserwacji wynikało, że presja mew bladej jest ogromna, że tylko z niewielkiego odsetka gniazd wykluwują się pisklęta. Te moje wnioski rzeczywiście potwierdzają wieloletnie badania, które dowodzą, że edredony tracą ok. 90% jaj, a potem dodatkowo pewną liczbę piskląt. Pomimo to liczebność tego gatunku w tym rejonie Arktyki jest stabilna, co wskazuje, że kaczki te niejako mają w kalkulowany w swój rozród te ogromne straty. Wprawdzie opisałem przykład z wyjątkowo surowych arktycznych środowisk, ale przecież podobne straty w okresie rozrodu można stwierdzić u wielu zwierząt w naszej strefie geograficznej. Są one wprawdzie trudniejsze do obserwacji, ale można je zauważyć choćby wśród owadów i ptaków.

Te przykłady, zarówno z królestwa roślin, jak i zwierząt dowodzą, że cała przyroda działa zawsze z ogromnymi rezerwami, że wszędzie dokonuje się selekcja i do następnych etapów dochodzą tylko nieliczne osobniki. Ta ekonomia przyrody, oparta na ogromnych rezerwach, zapewnia stabilność, ogromną zdolność regeneracji np. po wydarzeniach kłeszkowych. Jest to strategia zasadniczo odmienna od tej stosowanej przez człowieka, polegającej na działaniu bez rezerw i często bez dostatecznych zabezpieczeń, a więc narażonej na duże wahania wywołane nawet przez niewielkie perturbacje.

dr hab. Zbigniew Jakubiec



Jesiennie klimaty

