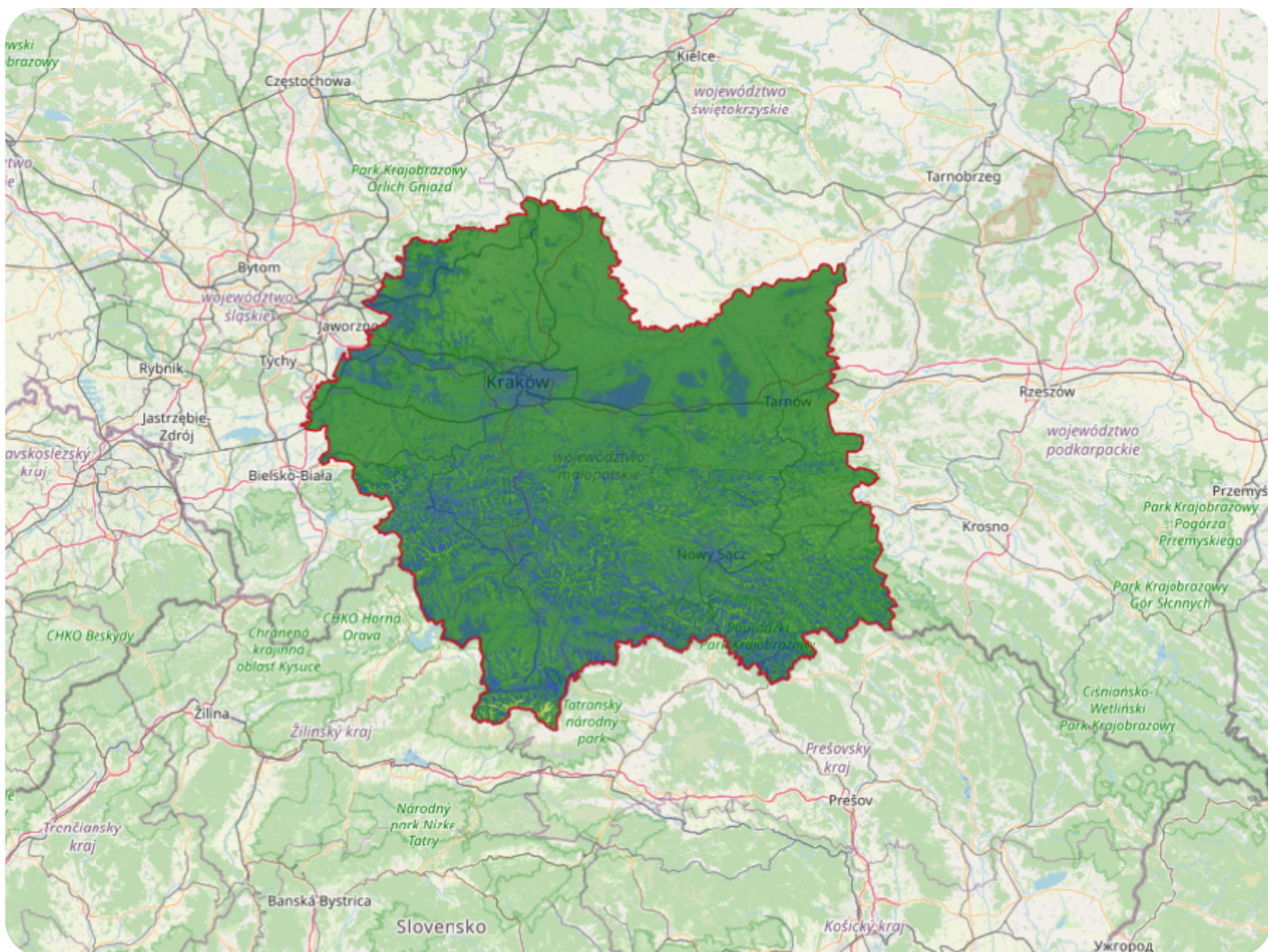


Potencjał OZE w Małopolsce



Wzrost zwiększenia udziału energii pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych do minimum **32 %** zużycia energii końcowej brutto to jeden z celów klimatycznych wynikających z małopolskiego Regionalnego Planu Działań dla Klimatu i Energii, zgodnych z polityką klimatyczną UE do roku **2030** oraz długoterminową strategią **neutralności klimatycznej** do roku **2050**.

W ramach działań projektu LIFE-IP EKOMAŁOPOLSKA, odpowiedzialnego za wdrożenie Regionalnego Planu Działań dla Klimatu i Energii dla województwa małopolskiego, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie opracuje mapy lokalnego potencjału dla poszczególnych rodzajów źródeł odnawialnych opartych na stworzeniu warstw GIS (System Informacji Przestrzennej, ang. Geographic Information) wskazujących obszary perspektywistyczne dla realizacji nowych instalacji OZE. Analiza wzbogacona zostanie o ocenę efektów energetycznych, ekologicznych i ekonomicznych mających wpływ na opłacalność realizacji inwestycji. Podstawą do opracowania map potencjału jest szczegółowa analiza możliwości zastosowania odnawialnych źródeł energii na terenie Małopolski, co było przedmiotem badań i analiz przeprowadzonych przez AGH. Analizą

objęte zostało całe województwo małopolskie, tj. **22 powiaty** – w tym **3** miasta na prawach powiatu.

POTENCJAŁ ENERGETYKI WIATROWEJ

Przeprowadzona dla energii wiatru analiza uwzględniająca najczęściej występujące na terenie województwa małopolskiego prędkości wiatru oraz ograniczenia wynikające z ustawy z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych (Dz.U. 2016 poz. 961) określająca wymaganą odległość montażu turbin wiatrowych od zabudowy jako dziesięciokrotność wysokości elektrowni wiatrowej oraz wymóg oddalenia elektrowni od form ochrony przyrody wykazała, iż **1 %** powierzchni województwa jest oceniany jako potencjalne miejsce do montażu turbin wiatrowych (*Fig.1 Zakładane lokalizacje turbin wiatrowych z uwzględnieniem ograniczeń lokalizacyjnych (opracowanie własne AGH).*

W celu oszacowania potencjału energii wiatru w województwie małopolskim wyznaczono strefy potencjalnej możliwości lokowania turbin wiatrowych (przy założeniu montażu 1 turbiny na 500m²) – obliczono łącznie, że na wydzielonych strefach stanąć może **360 turbin**. Określono potencjalny uzysk energii dla średniej prędkości wiatru 5m/s. Łączna teoretyczna energia możliwa do uzyskania wyniosła **1 567,60 GWh** rocznie.

Powiaty cechujące się najlepszymi warunkami wiatrowymi w województwie to: powiat dąbrowski, miechowski, proszowski oraz oświęcimski (średnie wartości maksymalna wahają się w zakresie od 6,7 do 6,1m/s), lokalnie występujące wysokie prędkości wiatru (osiągające prędkość nawet 12 m/s) w obszarach górskich – powiat gorlicki, nowosądecki, limanowski, myślenicki, wadowicki, suski, nowotarski oraz tatrzański. Najniższymi średnimi prędkościami wiatru, poza występującymi lokalnie anomaliami, cechują się powiaty położone w południowo-zachodniej i centralnej części województwa: nowosądecki, nowotarski, tatrzański, suski, limanowski, myślenicki, miasta Nowy Sącz i Kraków.

POTENCJAŁ ENERGETYKI WODNEJ

Pozyskiwanie energii z wody opiera się o wykorzystanie energii wód śródlądowych (przepływ, różnica poziomów), a także energii mórz i oceanów (pływy, prądy, fale, gradient zasolenia). Do oszacowania zasobów energii wodnej konieczne jest oszacowanie zasobów teoretycznych – ogólnie dostępnych oraz technicznych (potencjał netto) – uwzględniając możliwość pozyskania energii w wyniku realizacji budowli piętrzących i elektrowni z uwzględnieniem ograniczeń środowiskowych i ekonomicznych.

Aktualnie w województwie małopolskim funkcjonuje **46** elektrowni wodnych, o łącznej mocy zainstalowanej **179,19 MW**, która pozwala na wytworzenie **1 900 TJ/rok** energii elektrycznej, co stanowi ok. **78%** ilości energii elektrycznej wytworzonej z OZE w województwie (RPD, 2020).

Mając na celu zamiar realizacji budowy nowych elektrowni wodnych konieczne jest przeprowadzenie analizy środowiskowej w odniesieniu do występowania obszarów chronionych w tym europejskiej sieci Natura 2000, przy czym zakłada się możliwość lokalizacji elektrowni na obszarach objętych ochroną narodową (parki narodowe, parki krajobrazowe, rezerваты przyrody) lub na obszarach objętych ochroną w ramach sieci Natura 2000. Przedsięwzięcie takie wiąże się jednak z ryzykiem nieuzyskania pozytywnej decyzji środowiskowej, w zależności od głównego celu ochrony i zakazów obowiązujących na tych obszarach. Realizacja projektów hydrotechnicznych w rezerwach przyrody jest za to niemożliwa (Operacz i Grahl-Madsen, 2018). Podsumowując, wszystkie potencjalne lokalizacje elektrowni wodnych powinny zostać sprawdzone pod kątem ewentualnej kolizji z celami ochrony przyrody.

Na podstawie opracowania Iglińskiego (2019) potencjał teoretyczny istniejących spiętrzeń w Małopolsce wynosi:

- 1517 – na których można postawić MEW o mocy poniżej 5 kW,
- 462 – na których można postawić MEW o mocy 5–10 kW,
- 195 – na których można postawić MEW o mocy 10–20 kW,
- 131 – na których można postawić MEW o mocy 20–50 kW,
- 48 – na których można postawić MEW o mocy 50–100 kW,
- 35 – na których można postawić MEW o mocy 100–500 kW,
- 4 – na których można postawić MEW o mocy powyżej 500 kW.

Łączną moc teoretyczną wszystkich spiętrzeń szacuje się na poziomie **100 MW**, zaś przy założeniu 25%-owego wykorzystania mocy teoretycznie dostępna moc techniczna wyniesie **25MW** (zakłada się prace elektrowni z pełną mocą w okresie 6 000h/rok).

Poza omówionym potencjałem, w Małopolsce funkcjonują również **małe instalacje OZE** o mocy zainstalowanej w zakresie **50 – 500 kW** (zgodnie z ustawą OZE od 30.10.2021 – moc w zakresie 50kW – 1MW). Łączną moc zgłoszonych małych instalacji do Urzędu Regulacji Energetyki do roku 2022: **6,42 MW**.

POTENCJAŁ ENERGETYKI SŁONECZNEJ

W ramach przeprowadzonej analizy oszacowano sumaryczną moc instalacji fotowoltaicznych możliwych do zamontowania na terenie województwa małopolskiego po uwzględnieniu natężenie promieniowania słonecznego na danym terenie oraz

występującej zabudowy. Określono, iż powierzchnia zabudowy dla wszystkich typów budynków w województwie wynosi ok. 184 533 749 m² (w tym około 20% zabudowy – budynki perspektywistyczne: budynki jednorodzinne, zamieszkania zbiorowego, hotele, biura, budynki handlowo-usługowe, 5% zabudowy – budynki mało perspektywistyczne: garaże, budynki niemieszkalne, budynki kultu religijnego oraz budynki o braku potencjału: budynki zabytkowe). Przy założeniach o możliwości montażu 1 kWp na powierzchni 5m² sumaryczna wartość mocy możliwej do zamontowania oszacowana została na **7 929 MWp** o możliwej do wyprodukowania energii na poziomie **8 588 311 MWh**.

W związku z przyjętymi założeniami, podstawową zmienną determinującą uzyskane wyniki na terenie danego powiatu jest powierzchnia zabudowy, która bezpośrednio związana jest ze zurbanizowaniem analizowanych powiatów. Największą potencjalną mocą dysponuje miasto **Kraków – 1 011 MWp**, co przekłada się na potencjalną produkcję energii w ilości **1 103 119 MWh/rok**. Na drugim miejscu znajduje się powiat krakowski (**841 MWp, 914 688 MWh**), a na trzecim **powiat tarnowski (570 MWp, 625 640 MWh)**.

Dodatkowo oszacowany został potencjał wykorzystania gruntów ugorowych łącznie z obszarami zielonymi oraz nieużytków. Założeniem tej analizy było pokazanie możliwości wykorzystania tego typu terenów pod budowę farm fotowoltaicznych w ujęciu powierzchniowym 10, 25 i 50%.

Sumaryczna możliwa do uzyskania moc instalacji PV na gruntach ugorowanych waha się od **373** do **1 014 289 MWp**. Przekłada się to na potencjalną produkcję energii w ciągu roku od **405 716** do **1 028 578 MWh**. Na tle powiatów zdecydowanie wyróżniają się powiat tarnowski oraz powiat krakowski, co wynika wprost z dostępności gruntów.

W przypadku nieużytków, ich całkowita powierzchnia w województwie małopolskim wynosi 14 562 ha. Potencjalna moc instalacji PV waha się w analizowanym zakresie od 728 do 3 930 360 MWp. Są to wartości niemal dwukrotnie większe niż w przypadku gruntów ugorowanych. Ma to swoje odzwierciedlenie w potencjalnie możliwej do wyprodukowania ilości energii elektrycznej, której wartość waha się od 786 072 do 3 930 360 MWh.

Sumaryczne wartości dla gruntów ugorowanych i nieużytków to powierzchnia 22 031 ha. Przy założeniu wykorzystania 10% ich powierzchnia daje to moc 1 102 MWp oraz 1 191 788 MWh energii. W wariantcie wykorzystania 25% gruntów tego typu, są to odpowiednio wartości 2 754 MWp i 2 979 469 MWh. Dla założone wartości 50%, potencjalna moc wynosi 5 508 MWp, a ilości możliwej do wyprodukowania energii 5 985 938 MWh.

Potencjał wykorzystania energii promieniowania słonecznego dla technologii kolektorów słonecznych i przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) wyznaczany

jest na podstawie danych zawartych w Centralnej Ewidencji Emisyjności Budynków (CEEB). Na podstawie złożonych deklaracji (stan na październik 2022) oszacowano ilość budynków, które nie posiadają jeszcze instalacji kolektorów słonecznych. W analizie uwzględniono jedynie budynki jednorodzinne ze względu na trudność oszacowania potencjału dla budynków wielorodzinnych oraz budynków publicznych – zbyt duże zróżnicowanie ze względu na przeznaczenie oraz liczbę mieszkańców.

Całkowita szacowana ilość energii, jaką mogą dostarczyć instalacje kolektorów słonecznych dla całego województwa małopolskiego wynosi **838 572 MWh/rok**, co jest równoważne **3 019 TJ/rok** energii.

Oszacowany dla danego powiatu potencjał jest wprost proporcjonalny do ilości budynków jednorodzinnych. Największym potencjałem charakteryzuje się powiat krakowski – **105 258 MWh/rok (379 TJ/rok)**, powiat tarnowski **69 602 MWh/rok (251 TJ/rok)** oraz nowosądecki – **69 602 MWh/rok (251 TJ/rok)**.

Najniższe wartości reprezentują dwa miasta na prawach powiatu: Nowy Sącz – **10 049 MWh/rok (43 TJ/rok)** oraz Tarnów – **12 984 MWh/rok (47 TJ/rok)**.

POTENCJAŁ GEOTERMALNY

Potencjał geotermalny zależny jest od parametrów geotermalnych danego terenu z uwzględnieniem możliwości pobrania wód podziemnych w danych warunkach hydrogeologicznych z techniczno-ekonomicznym uzasadnieniem ich wydobywania przy zachowaniu wymogów ochrony środowiska.

W Polsce w skali regionalnej najlepszymi parametrami geotermalnymi cechują się zbiorniki geotermalne dolnej jury i dolnej kredy na Nizinie Polskiej oraz triasu i eocenu w niecce podhalańskiej. W rejonach, gdzie stwierdzono najbardziej korzystne parametry funkcjonują obecnie ciepłownie geotermalne, które wykorzystują potencjał energetyczny wód do celów grzewczych.

W Polsce funkcjonuje obecnie **7** ciepłowni geotermalnych (grudzień 2022) wykorzystujących wody termalne o temperaturze od **42** do około **86°C** i wydajności od **60** do **550 m³/h** (z jednego ujęcia – Bańska PGP-1) oraz o zróżnicowanej mineralizacji. Energia geotermalna w głównej mierze jest zagospodarowywana w ciepłownictwie. Zasoby niskotemperaturowe, czyli takie jakie posiadamy w Polsce, można wykorzystać także w balneoterapii i rekreacji.

Dla każdego z powiatów oraz miast na prawach powiatu przeprowadzona została analiza potencjału na podstawie dostępnych danych literaturowych w zakresie określenia podstawowych przewidywanych parametrów geotermicznych obejmujących: temperaturę wód na wypływie, wydajność ujęcia oraz głębokość zalegania stropu zbiornika.

Jako obszar o największym potencjale dla energetyki geotermalnej wskazuje się powiat **nowotarski** (maksymalna temperatura w złożu: 89°C – maksymalna wydajność złoża 550 m³/h – maksymalna możliwa produkcja ciepła geotermalnego z 4 zbiorników: **902 912,54 MWh/rok**) oraz powiat **tatrzański** (maksymalna temperatura w złożu: 93 °C – maksymalna wydajność złoża 160 m³/h – maksymalna możliwa produkcja ciepła geotermalnego z 3 zbiorników: **195 270,93 MWh/rok**).

Najniższym potencjałem geotermalnym cechuje się powiat suski (273MWh/rok) oraz powiat nowosądecki i Nowy Sącz (788 MWh/rok).

Województwo małopolskie swoimi granicami obejmuje obszar o powierzchni powyżej **1,5 mln hektarów** – z czego **435 tys. ha** stanowi **powierzchnia lasów** – 28,6% oraz **454 tys. ha – powierzchnia użytków leśnych** (36,36%). Struktura własnościowa lasów w województwie przedstawia się następująco: 56,5 % – lasy publiczne oraz 43,5 % – lasy prywatne.

POTENCJAŁ BIOMASY STAŁEJ

Potencjał teoretyczny biomasy stałej określa się na podstawie lesistości danego terenu, jego powierzchni oraz średniej ilości drzewa pozyskiwanego z 1 ha lasu (rocznie), zaś potencjał techniczny określa się po pomniejszeniu ilości tarcicy powstającej z obróbki 1m³ drewna (przyjmuje się, że z obróbki 1m³ drewna uzyskuje się około 36% tarcicy, która nie jest wykorzystywana do przetwarzania na biomasę stałą).

Średnia ilość grubizny pozyskiwana z lasów w Małopolsce to 3,68 m³/(ha*rok). Potencjał techniczny biomasy drzewnej z lasów Małopolski można oszacować na 1 022 tys. m³ rocznie, co daje energetyczny potencjał techniczny biomasy drzewnej z Małopolskich lasów równy **9 971 TJ/rok**. Największy energetyczny potencjał techniczny biomasy leśnej ma powiat nowosądecki (**1 576 TJ/rok**), najniższy potencjał posiada powiat miejski Tarnów (**6,6 TJ/rok**).

W 2021 roku w województwie małopolskim istniało około **140,1 tys.** gospodarstw rolnych o łącznej powierzchni **687,3 tys. ha**. Użytki rolne w gospodarstwach ogółem zajmowały **570,9 tys. ha**, co stanowiło ponad **83%** ich powierzchni.

Zasoby **biomasy agro** są składową zasobów słomy z upraw **zbóż** (nadmiaru w stosunku do potrzeb gospodarczych), zasoby **siana** (nadmiaru w stosunku do potrzeb paszowych) i **roślin zielonych** uprawianych na plantacjach wieloletnich oraz drewno z przycinki sadów.

Potencjał wytwórczy **słomy** dla województwa małopolskiego oszacowany został na poziomie **288 134 t/rok**, co odpowiada potencjałowi technicznemu wynoszącemu ok. **4 034 TJ/rok**. Największe zasoby słomy występują w powiecie miechowskim, krakowskim, tarnowskim, proszowickim oraz dąbrowskim, najniższe zaś – na terenie miasta Nowy Sącz.

Zasoby siana związane są z występowaniem łąk i trwałych użytków zielonych na obszarze województwa. Szacuje się potencjał techniczny dla siana wynoszący **68 803 t/rok**, odpowiadający energetycznemu potencjałowi technicznemu na poziomie ok. **963 TJ/rok**. Największe zasoby siana występują w powiatach nowotarskim, nowosądeckim, limanowskim oraz gorlickim, najniższe – występują w powiecie miejskim Tarnów.

Potencjał techniczny drewna z sadów wylicza się poprzez określenie dokładnej powierzchni sadów w danym powiecie, średnią ilością drewna pozyskiwanego z 1 ha sadu oraz średnią gęstość drewno. Województwo małopolskie charakteryzuje się potencjałem technicznym drewna z sadów wynoszącym **21 088 t/rok**, co odpowiada energetycznemu potencjałowi technicznemu wynoszącemu ok. **316,3 TJ/rok**.

Największe zasoby drewna z sadów występują w powiatach nowosądeckim, limanowskim, krakowskim oraz tarnowskim oraz najniższe – powiat tatrzański.

Dodatkowo na terenie Małopolski określony został potencjał OZE wynikający z uprawy wieloletnich upraw energetycznych. Wartość ta oszacowana została na poziomie **105 750 t/rok**, co odpowiada energetycznemu potencjałowi technicznemu wynoszącemu ok. **1 586,3 TJ/rok**. Największe zasoby biomasy z wieloletnich upraw energetycznych występują w powiatach nowosądeckim, limanowskim, krakowskim oraz tarnowskim, najniższe – w mieście Nowy Sącz.

POTENCJAŁ BIOGAZU

Potencjał biogazu rolniczego na danym terenie zależy jest od ilości gospodarstw rolnych specjalizujących się w hodowli, oprócz gnojownicy wykorzystuje się fermentację zieleni, kiszzonek kukurydzy, żyta oraz trawy, słomy oraz odpadów innych. W procesie fermentacji metanowej w komorze fermentacyjnej powstaje mieszanina gazów (głównie metan, dwutlenek węgla i azot oraz szczątkowo siarkowodór, tlenek węgla i wodór). Powstały biogaz najczęściej spalany jest w tłokowym agregacie kogeneracyjnym wytwarzającym energię elektryczną oraz ciepło.

W Małopolsce (dane na rok 2020) szacuje się energetyczny potencjał techniczny **biogazu rolniczego** na poziomie **2 980 394 GJ/rok**. Największym potencjałem biogazu rolniczego charakteryzuje się powiat nowotarski oraz krakowski, najniższym – miasto Nowy Sącz oraz Tarnów.

Dodatkowo, potencjał energetyczny **biogazu oczyszczalnianego** (przetworzenie osadów ściekowych, otrzymywanych w procesie oczyszczania ścieków) szacuje się na poziomie **646 207 GJ/rok** oraz **biogazu z odpadów organicznych** - **724 576 GJ/rok**. Największym potencjałem energetycznym w obu przypadkach, ze względu na występującą infrastrukturę, cechuje się miasto **Kraków**.

POTENCJAŁ POMP CIEPŁA

Pompy ciepła to urządzenia, które wykorzystują ciepło zakumulowane w odnawialnych źródłach energii do ogrzewania budynków oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. Ciepło niskotemperaturowe, wykorzystywane przez pompy ciepła, najczęściej jest zakumulowane w gruncie, wodzie, powietrzu i określane jest mianem dolnego źródła.

Zakładając, że większość energii wykorzystywanej przez pompy ciepła pochodzi z dolnego źródła jakim jest grunt i powietrze to potencjał pomp ciepła należy uzależnić od dostępności energii zakumulowanej w tych źródłach ciepła. Ciepło zawarte w powietrzu i gruncie określa się jako niewyczerpalne – nie istnieją ograniczenia do montażu pomp ciepła.

Rozważając możliwość stosowania pomp ciepła do ogrzewania budynków należy brać pod uwagę zalety pomp ciepła i argumenty jakimi kierują się użytkownicy tych systemów grzewczych. Zaliczyć do nich można przede wszystkim możliwość pozyskiwania odnawialnych źródeł energii, bezobsługowość oraz systemy zachęt i wsparcia.

Potencjał do wykorzystywania pomp ciepła, zarówno powietrznych, jak i gruntowych, uzależniony jest od ilości budynków, w których pompy ciepła mogą być zastosowane. Stosując kryterium ilości budynków do określenia potencjału pomp ciepła należy zaznaczyć, że budynki w których znajduje się już pompa ciepła nie powinny być brane pod uwagę. Do oszacowania ilości budynków z podziałem na kryteria wielkości oraz stosowanego obecnie źródła ciepła posłużyła Centralna Ewidencja Emisyjności Budynków, w której znajdują się niezbędne informacje (Tabela.1, dane: październik 2022).

Tabela 1 Zestawienie budynków w zależności od ich wielkości i charakteru użytkowania [ilość budynków]

Budynki jednorodzinne	Budynki wielorodzinne	Budynki zamieszkania zbiorowego	Budynki niemieszalne
676 855	60 517	6 061	53 374

Na podstawie danych zawartych w Centralnej Ewidencji Emisyjności Budynków obliczono, że pod koniec 2022 roku w Małopolsce zgłoszonych było łącznie **748 922** budynków, z czego **20 742** budynki są już wyposażone w pompę ciepła, co stanowi mniej niż 3% całości. Pozostałe budynki stanowią potencjał dla wykorzystania pomp ciepła.

Analiza jednoznacznie wskazała największy potencjał dla montażu pomp powietrznych, co jest bezpośrednio związane z największą ilością budynków jednorodzinnych w każdym powiecie. Wartość potencjalnej ilości energii z pomp ciepła określa się w województwie Małopolskim na poziomie **48 416 TJ/rok**.

Do najbardziej perspektywistycznych obszarów pod kątem montażu pomp ciepła należy powiat **krakowski, tarnowski, nowotarski** oraz **nowosądecki**.

POTENCJAŁ WÓD KOPALNIANYCH

Energia wód kopalnianych to energia cieplna zawarta w strumieniu wód pochodzących z procesu odwadniania podziemnych zakładów górniczych. Podobnie jak w przypadku zasobów geotermalnych, ciepło związane z wodami kopalnianymi generowane jest w skorupie ziemskiej i akumulowane w górotworze oraz wodzie, która wypełnia pory i szczeliny skalne.

Potencjał energetyczny wykorzystania wód kopalnianych został określony dla jedyne go czynnego zakładu górnice go w województwie małopolskim – TAURON Wydoby cie S.A. Zakład Górniczy Janina w Libiążu.

Potencjał techniczny inwestycji wykorzystujących energię wód kopalnianych z odwadnianego zakładu górnice go (w ilości $19 \text{ m}^3/\text{min}$, $12\,800\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ o temperaturze ok. 22°C) został wyznaczony na poziomie **457 TJ/rok**. Ze względu na podwyższone zasolenie wód kopalnianych (ok. $27\text{g}/\text{dm}^3$) konieczne jest stosowanie pośrednich wymienników ciepła.

Wykorzystanie ciepła odpadowego pozawala na minimalizację wykorzystania konwencjonalnych nośników energii oraz strat ciepła dla realizowanych procesów. Ze względu na często niewielki stopień zaawansowania technologicznego potencjalnych rozwiązań instalacji odzysku ciepła odpadowego, podejście to jest ogólnodostępne dla większości firm, a okres zwrotu z inwestycji może być stosunkowo krótki, rzędu kilku lat.

W przypadku zainteresowania wykorzystaniem ciepła odpadowego konieczne jest indywidualne podejście i szacowanie potencjału energetycznego odrębnie dla każdego przypadku.

Z całością dokumentu można się zapoznać pod linkiem – [Ocena potencjału OZE w województwie małopolskim](#)