

OZE I EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA W KONTEKŚCIE WYZWAŃ DLA WYTWARZANIA I UŻYTKOWANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W POLSCE

Autor: Waldemar Jędral

(„Rynek Energii” – październik 2019)

Słowa kluczowe: OZE, efektywność energetyczna, wytwarzanie energii elektrycznej, użytkowanie energii

Streszczenie. Energetyka węglowa jest na celowniku organizacji ekologicznych i politycznych, nawołujących do całkowitej dekarbonizacji energetyki. Powód, to walka ze zmianami klimatu i emisją CO₂, uważanego za ich sprawcę. Artykuł przedstawia negatywne skutki wytwarzania energii elektrycznej tylko przez duże OZE, zwłaszcza farmy wiatrowe. Uwzględniając konieczność stopniowego ograniczania spalania paliw kopalnych uzasadniono potrzebę posiadania niezbędnej liczby źródeł energii stabilnych i sterowalnych, tj. wysokosprawnych bloków węglowych i jądrowych dużych mocy oraz konieczność intensyfikacji wykorzystania wielkiego potencjału efektywności energetycznej i zmniejszenia marnotrawienia energii.

1. WPROWADZENIE

Rośnie zapotrzebowanie na energię, zwłaszcza elektryczną (e.e.), o ok. 1,5% rocznie w Polsce [1].

W 2030 r. jej produkcja może osiągnąć 200 TWh przy wymaganiu 32,5% udziału źródeł odnawialnych (OZE). W ostatnich latach energetyka znajduje się pod ostrzałem organizacji ekologicznych i niektórych ugrupowań politycznych. Główne hasło, to jak najszybsza, całkowita rezygnacja z energetyki węglowej, ale także jądrowej i oparcie wytwarzania e.e. na OZE. Cel: walka ze zmianami klimatu i emisją CO₂ jako ich głównym sprawcą. Przez UE narzucane są coraz ostrzejsze limity bezpłatnych emisji, które po 2020 r. mają spaść do zera. Równocześnie rosną ceny uprawnień do emisji na giełdzie EEX; w lipcu 2019 r. ceny zbliżyły się do ok. 30 Eu/1 tonę CO₂.

Znacznie mniej mówi się o wciąż zbyt niskiej efektywności energetycznej procesów produkcyjnych i eksploatacyjnych w całej gospodarce. Jeszcze mniej zaś – o marnotrawieniu ogromnych ilości energii.

W artykule przedstawiono negatywne skutki oparcia wytwarzania e.e. w Polsce na dużych OZE, zwłaszcza farmach wiatrowych. Uzasadniono konieczność stopniowego ograniczania spalania paliw kopalnych wskazując też na potrzebę posiadania niezbędnej liczby źródeł stabilnych i sterowalnych – wysokosprawnych, dużych bloków węglowych i jądrowych. Podkreślono konieczność intensyfikacji wykorzystania wielkiego potencjału efektywności energe-

tycznej oraz zaniechania produkcji wyrobów nietrwałych, nie naprawialnych, często zaś wręcz niepotrzebnych.

2. EMISJA CO₂ A ZMIANY KLIMATU

Autorzy wielu publikacji (tylko niektóre z nich wymieniono w [2], [3] jako przykładowe) uważają, że przyczyny zmian klimatu są naturalne: zmienność energii dostarczanej przez Słońce i promieniowanie kosmiczne. Warto podkreślić, iż nie ma żadnego dowodu, że to działalność człowieka (zwłaszcza antropogeniczna emisja CO₂) wpływa na klimat Ziemi [4].

Klimat Ziemi zmieniał się od zawsze, niekiedy bardzo znacznie; paleoklimatolodzy mówią np. o dwóch długotrwałych oziębieniach, których konsekwencją była Ziemia prawie całkowicie zamrożona („Ziemia Śnieżka” – ok. 2,2 mld i 600 mln lat temu), oraz o późniejszych gwałtownych ociepleniach. Niedawno, bo zaledwie ok. 11,5 tys. lat temu, z Polski wycofał się lodowiec z powodu ocieplenia klimatu o ok. 8°C [4], na pewno nie spowodowanego przez człowieka.

Również zawartość CO₂ w atmosferze bywała znacznie większa niż obecnie: 5 razy większa ok. 220 mln lat temu i aż 22 razy większa – 420 mln lat temu [4].

3. KONIECZNOŚĆ OGRANICZENIA SPALANIA PALIW KOPALNYCH

Pomijając kwestie słuszności hipotez dotyczących wpływu lub braku wpływu CO₂ na klimat, należy bez wątplenia ograniczać spalanie paliw kopalnych. Powody, to konieczność zmniejszenia emisji naprawdę szkodliwych substancji, towarzyszących ich spalaniu (pyły, popioły, tlenki siarki, tlenki azotu, pierwiastki ciężkie, w tym – izotopy promieniotwórcze). Ponadto:

- wyczerpują się zasoby paliw, zwłaszcza łatwo dostępne i rosną koszty ich wydobycia, co będzie jednym z powodów znacznego wzrostu cen e.e.,
- trzeba zmniejszyć emisję CO₂, aby uniknąć dalszego wzrostu cen energii (koszty uprawnień !),
- lepiej jest wykorzystywać paliwa jako surowce m.in. dla przemysłu chemicznego, niż je spalać,
- należy coś pozostawić przyszłym pokoleniom, nie tylko zdegradowane środowisko naturalne.

4. DECYZJE DO SZYBKIEGO PODJĘCIA

W związku z powyższym powstają do rozwiązania (i podjęcia właściwych decyzji przez polityków) poważne i ważne dla Polski problemy:

- jak szybko i w jakim stopniu rozwijać OZE, ograniczając energetykę węglową,
- jakie OZE rozwijać, tzn. duże, scentralizowane (np. farmy wiatrowe), czy rozproszone i rozsiane (tzn. na potrzeby własne gospodarstw domowych),
- jak magazynować e.e. produkowaną przez OZE,
- jaki udział w produkcji e.e. powinny mieć duże źródła stabilne i sterowalne, zdolne do pracy przez cały rok i przy każdej pogodzie,
- jakie powinny być te źródła – wysokosprawne elektrownie węglowe, gazowe czy/i jądrowe,
- jak uzyskać znaczny wzrost wykorzystania zasobu efektywności energetycznej gospodarowania.

Podjmując decyzje należy oczywiście uwzględnić koszty i terminy (szybkość realizacji) oraz możliwości techniczne. Należy też uwzględnić fakt, że... *W roku 2050 80% ludzkości będzie żyło w wielkich metropoliach i marzenie o dużej roli rozproszonych źródeł energii w zaspokojeniu potrzeb ludzkości na elektryczność, pozostanie tylko ułudą* [5].

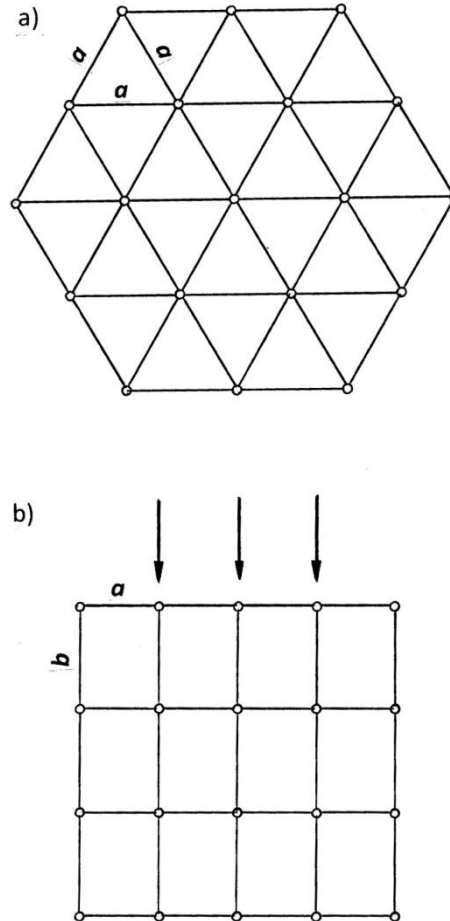
Duże aglomeracje miejskie, ważne okręgi przemysłowe, trakcja elektryczna, stacje ładowania samochodów elektrycznych, wymagają niezawodnych, stabilnych i sterowalnych źródeł energii.

5. ELEKTROWNIE WIATROWE

Zalety elektrowni wiatrowych, to brak emisji szkodliwych zanieczyszczeń oraz CO₂ jak również brak kosztów paliwa podczas eksploatacji. Ale duże farmy wiatrowe mają też istotne wady:

- a. **Współczynnik c_f wykorzystania mocy zainstalowanej** (capacity factor), ze względu na małe średnie prędkości wiatru w Polsce (2,8 m/s w lecie oraz 3,8 m/s w zimie), wynosi: – na lądzie $c_f = 0,2 \dots 0,25$ (1700 godzin rocznie pracy z pełną mocą, tj. z mocą zainstalowaną [6]), – na Bałtyku $c_f = 0,30 \dots 0,35$ (0,40). Wskutek tego, elektrowni węglowej o mocy 1000 MW odpowiada elektrownia wiatrowa o mocy zainstalowanej 3500 MW na lądzie (on shore) i ok. 2300 MW na Bałtyku (off shore).
- b. **Powierzchnia zajęta przez farmy wiatrowe** jest znacznie większa niż w przypadku elektrowni jądrowych (ok. 0,5 km²/TWh, tj. 0,004 km²/MW) i węglowych (ok. 3,6 km²/TWh, 0,029 km²/MW).

Turbiny wiatrowe nie powinny być umieszczone zbyt blisko siebie, aby nie oddziaływały negatywnie na strumienie powietrza płynące do sąsiednich turbin. Odległość między sąsiednimi turbinami powinna wynosić $a = 5 \dots 8$ średnic wirnika (ok. 10...16 długości łopaty). Rozstawienie idealne, tj. o najmniejszej powierzchni, dla wiatru o zmiennych kierunkach, to siatka przystających trójkątów równobocznych o boku a (rys. 1a), w narożnikach których umieszczone są wieże z turbinami.



Rys. 1. Rozmieszczenie elektrowni wiatrowych przy zmiennym (a) i stałym (b) kierunku wiatru

Dla turbiny o mocy 2 MW średnica wirnika jest rzędu $d = 120$ m, zatem $a = 600 \dots 960$ m. Odległości te powinny być większe, jeśli uwzględnić ukształtowanie terenu, szlaki komunikacyjne, obecność osiedli mieszkaniowych oraz magazyny energii i wspomagające elektrownie gazowe.

Przyjmując $a = 1$ km otrzyma się dla dużej (ponad 200) liczby turbin po 2 MW powierzchnię jednostkową $0,485 \text{ km}^2/\text{MW}$; przyjęto, że zewnętrzny pas graniczny farmy wiatrowej ma także szerokość 1 km, chociaż wg aktualnych przepisów odległość turbiny od sąsiadujących z farmą zabudowań powinna stanowić 10-krotność wysokości wieży (ok. 90 m) i połowy średnicy wirnika (ok. 60 m), a więc co najmniej $10(90 + 60) = 1500 \text{ m} = 1,5 \text{ km}$.

Nieco mniejszą powierzchnię otrzyma się, jeśli kierunek wiatru jest przez cały rok jednakowy (rys. 1b); zwykle $a = (6...7)d$, $b = (3...5)d$. Przyjmując $a = 1$ km, $b = 0,6$ km otrzyma się $0,36$ km²/MW. W rzeczywistych farmach wiatrowych powierzchnie są jednak znacznie większe.

- c. Budowana obecnie największa na świecie farma wiatrowa (USA, Oklahoma) ma mieć 800 turbin o mocach po 2,5 MW każda, tj. łącznie 2000 MW i zajmować obszar 1214 km² [7], co daje $0,61$ km²/MW. W największej w Polsce farmie wiatrowej ($60 \times 2 = 120$ MW) w okolicach Margonina (Wielkopolska) powierzchnia jednostkowa jest jeszcze większa, bo $0,83$ km²/MW. Zamiana 37 000 MW zainstalowanych w 2018 r. w elektrowniach ciepłych na 130 000 MW w elektrowniach wiatrowych z turbinami po 2 MW, przy współczynniku $0,6$ km²/MW, wymagałaby powierzchni $78\ 000$ km², tj. $1/4$ powierzchni Polski ($1/5$ – dla $0,485$ km²/MW). Taki byłby efekt całkowitej zamiany energetyki cieplnej na OZE.
- d. Bardzo duży problem stanowią 4-5 dniowe okresy ciszy, kiedy stają elektrownie wiatrowe w całej Europie; zdarzają się one co najmniej 1-2 razy w roku [8]. W połowie stycznia 2017 r. przez 10 dni z powodu bezwietrznej pogody i małego nasłonecznienia system energetyczny w Niemczech borykał się z niedoborem mocy rzędu 25% i musiano prąd importować, zaś w pierwszym dniu lutego produkcja energii o 50% przekraczała zapotrzebowanie [9].
- e. Ze względu na nieprzewidywalną i niesterowalną pracę elektrowni wiatrowych oraz możliwe dłuższe jej przerwy, konieczne jest budowanie magazynów energii i wspomagających elektrowni, najlepiej gazowych (ze względu na prawie natychmiastowy rozruch), o mocy równej co najmniej $1/3$ mocy zainstalowanej farmy wiatrowej.
- f. Duże ($\geq 1,5$ MW) elektrownie wiatrowe mają bardzo duże rozmiary i wielką masę. Energię wbudowaną, zużytą na wytworzenie, fundamentowanie i montaż takich wiatraków, ocenia się na 4-6 krotność produkowanej przez nie e.e. w roku.
- g. Odnotowano dotychczas wiele awarii elektrowni wiatrowych, niekiedy bardzo poważnych oraz ofiary śmiertelne tych awarii. Wyrażane są także obawy dotyczące zagrożenia dla zdrowia ludzi i życia zwierząt, zwłaszcza ptaków.

6. ELEKTROWNIE SŁONECZNE

Zalety elektrowni słonecznych, to – podobnie jak w przypadku elektrowni wiatrowych: brak emisji szkodliwych produktów spalania, brak emisji CO₂, brak kosztów paliwa, a ponadto brak negatywnego oddziaływania na ludzi i środowisko podczas eksploatacji. Kolektory słoneczne w warunkach polskich nie nadają się do produkcji e.e. na większą skalę (zbyt małe nasłonecznienie). Można natomiast i warto je masowo stosować w małych instalacjach domowych do ciepłej wody użytkowej.

Elektrownie fotowoltaiczne (EPV) zajmują mniejsze powierzchnie niż wiatrowe, ale mają też mniejszy współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej (tj. maksymalnej możliwej).

Przy osiągalnej dla Polski mocy chwilowej ok. 1000 W/m^2 , moce średnio dobowe wahają się od 20 W/m^2 w pochmurny dzień w grudniu do 325 W/m^2 w bezchmurny dzień w czerwcu [10]. Dochodzi do tego naturalna, duża rozpiętość dobową (0 – noc, max – dzień), toteż EPV wymagają jeszcze skuteczniejszego magazynowania energii.

Właściwość osiągania największych mocy w słoneczny dzień latem można by natomiast wykorzystać podczas upałów, kiedy masowo włączane klimatyzatory powodują przeciążenie systemu elektroenergetycznego i chwilowe niedobory mocy. Produkując najwięcej energii w takie dni EPV mogłyby skutecznie wspomagać system. Celowość wykorzystania EPV jako źródeł głównie szczytowych w lecie wymagałaby jednak uzasadnienia rzetelnym rachunkiem kosztów.

7. BIOMASA I BIOPALIWA

Klasyczna biomasa, to słoma, odpady drewna (wióry, trociny, gałęzie), do stosowania w małych instalacjach ciepłowniczych; są to też rośliny energetyczne (np. wierzba energetyczna). Natomiast drewno nie powinno być współspalane z węglem w kotłach elektrowni węglowych, które nie zostały do tego zaprojektowane. Węgiel z biomasą tworzy niebezpieczną mieszankę paliwową. Świadczą o tym wybuchy, jakie miały miejsce w polskich elektrowniach (2010 – Dolna Odra, 2012 – Turów [11]) i ich poważne skutki. Ponadto drewno, to nie OZE i nie odnawia się w ciągu roku, lecz w ciągu co najmniej 50...100 lat.

Spalanie biomasy powoduje emisję lotnych zanieczyszczeń organicznych, instalacje grzewcze wymagają więc dobrych systemów oczyszczania spalin [5].

Wytwarzanie biopaliw z roślin pochodzących ze specjalnych plantacji (rzepak; palmy oleiste) jest w ostatnich latach mocno krytykowane:

- wspieranie przez UE produkcji biopaliw nie przynosi korzyści klimatowi i gospodarce (raport International Institute for Sustainable Development – IISD [12]). Badania wskazują, że uprawa roślin na biopaliwa wywołuje wzrost emisji węgla do atmosfery m.in. poprzez wylesianie oraz przekształcanie łąk i pastwisk w uprawy zbóż paliwowych. Np. wypalenie lasu w Azji na plantację palm oleistych powoduje emisję CO_2 , której pochłonięcie przez palmy potrwa 850 lat (European Environment Agency - EEA, Scientific Committee [13]),
- szacunki CE Delft pokazują, że 70 milionom ton CO_2 , zaoszczędzonym dzięki polityce UE promującej biopaliwa, będzie odpowiadało 270 mln ton CO_2 uwolnionego do atmosfery w wyniku zmian w ekosystemach, np. wycinki lasów i przekształcania gruntów takich, jak łąki i torfowiska (Committed to the Environment Delft, [14]),

- do 2020 r. spalanie biopaliw zamiast paliw kopalnych w transporcie spowoduje emisję od 80% do 170% więcej gazów cieplarnianych (Institute of European Environmental Policy – IEEP, [15]).

8. MAŁE ELEKTROWNIE WODNE

Przed 1939 r. w Polsce funkcjonowało ok. 8000 różnych siłowni wodnych (młyny, tartaki, MEW). Podczas II wojny światowej i zwłaszcza po niej zniszczono ogromną większość tych obiektów. To, wraz ze źle prowadzonymi melioracjami, osuszaniem bagnisk i torfowisk oraz „regulacją” (prostowaniem biegu) rzek przyczyniło się do spadku poziomu wód gruntowych i stepowienia klimatu, m.in. w Wielkopolsce [16]. Tzw. małą retencję wodną można w znacznym stopniu przywrócić przez budowę wielu MEW o mocach kilkudziesięciu, czy nawet tylko kilkunastu kW. Produkcja przez nie e.e. będzie niezbyt wielka, ale przyczynią się one w znacznym stopniu do zwiększenia zasobów wodnych w glebie i likwidacji skutków susz powtarzających się w Polsce coraz częściej.

9. MAGAZYNOWANIE ENERGII PRODUKOWANEJ PRZEZ OZE

Brakuje dotąd skutecznego sposobu magazynowania wielkich ilości e.e. (nie są to baterie elektryczne ani elektrownie pompowe, których rozładowanie trwa tylko 4...6 godzin).

Magazynowanie energii jest jednak konieczne zwłaszcza w przypadku farm wiatrowych i powtarzających się co roku kilkudziesięciogodzinnych przerw w pracy z powodu bezwietrznej pogody.

Przypuśćmy, że 20% ze 165 TWh energii elektrycznej wyprodukowanej w Polsce w 2018 r., tj. 33 TWh = 33 000 GWh, wytworzyłyby elektrownie wiatrowe. Cisza trwająca przez 100 godzin spowodowałaby brak $33000 \cdot 100 / 8760 = 376,7$ GWh. Energia możliwa do zmagazynowania w polskich elektrowniach pompowych, to zaledwie 7,8 GWh [17]. Pozostałe 368,9 GWh musiałyby być zmagazynowane w wielkich akumulatorowych magazynach energii, które należałoby przedtem zbudować. Największe obecnie akumulatory Tesla mają pojemność 85 kWh, więc potrzeba by 4,34 mln takich baterii o koszcie co najmniej 2...3 mld zł. Uwzględniając ograniczoną trwałość baterii (10...15 lat) koszty budowy i eksploatacji takich magazynów e.e. byłyby znacznie wyższe.

Podnoszona jest też kwestia negatywnego wpływu na środowisko masowej produkcji baterii elektrycznych i ich późniejszego złomowania, tj. ogromnego zużycia wody do produkcji litu oraz skażenia wody i gleby [17].

Na początku lat 1980-tych planowano w Polsce budowę 5 dużych elektrowni pompowych o łącznej mocy 5700 MW i możliwościach magazynowych rzędu 30-35 GWh. W 1973 r. rozpoczęto budowę elektrowni Młoty o mocy 790 MW, przerwana niestety w 1981 r. Należało by jak najszybciej ją wznowić jak również przystąpić do budowy następnych elektrowni pompowych. Jest to wciąż najlepszy sposób magazynowania dużych ilości e.e., choć zwrot tej energii (rozładowanie) jest krótki (podstawowym zadaniem elektrowni jest praca regulacyjna i interwencyjna w systemie). Dodatkowym uzasadnieniem budowy nowych elektrowni pompowych byłaby możliwość ich bieżącej współpracy z farmami wiatrowymi.

10. ZALETY WYKORZYSTANIA ZASOBU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ

Oszczędność energii, uniknięcie emisji znacznych ilości CO₂ i zmniejszenie kosztów e.e. dla użytkowników, to podstawowe korzyści ze zwiększenia efektywności energetycznej procesów produkcyjnych i eksploatacyjnych. Potencjał efektywności energetycznej w Polsce, nazywanej *czwartym paliwem*, ocenia się na 30...60 TWh/a (możliwość wyłączenia 6 do 12 bloków 200 MW). Ale można też wymienić dodatkowe, znaczne korzyści dla całego kraju. Jeśli przewiduje się wzrost zapotrzebowania na energię odpowiadający mocy np. 1000 MW, to można go pokryć dwoma sposobami: przez budowę nowego źródła o mocy 1000 MW lub uzyskanie oszczędności e.e. w wyniku racjonalnych modernizacji. Zalety tego drugiego sposobu, w porównaniu z pierwszym, to [3]:

- wielokrotnie mniejsze koszty realizacji, nawet w przypadku dużych modernizacji,
- znacznie krótszy okres zwrotu kosztów niż w przypadku budowy nowego źródła,
- brak dodatkowych kosztów związanych z zakupem terenów, budową/rozbudową infrastruktury, przyłączeniem do sieci itp.,
- brak kosztów eksploatacyjnych (kosztów zatrudnienia, paliwa, napraw i remontów itp.),
- brak strat energii w sieciach przesyłowych,
- zmniejszenie kosztów emisji CO₂ (nowa elektrownia węglowa spowoduje wzrost emisji CO₂),
- brak dodatkowej emisji do atmosfery prawdziwych, groźnych zanieczyszczeń.

Należy zatem znacznie intensywniej wykorzystywać zasoby efektywności energetycznej, przez:

- powiększanie sprawności wytwarzania e.e. (wycofywanie starych bloków 200 MW i mniejszych),
- ograniczanie strat przesyłu w sieciach e.e.,
- modernizacje w przemyśle i całej gospodarce,
- termomodernizacje; oświetlenie; smart grids; smart cities; elektrownie wirtualne [18] itp.

11. ENERGIA WBUDOWANA I MARNOTRAWIENIE ENERGII A EMISJA CO₂

Większość e.e. zużywa się do produkcji wyrobów przemysłowych (→ emisja wielkich ilości CO₂). Bardzo energochłonna jest też produkcja żywności, powodująca emisje znacznych ilości metanu. Postulując rewolucyjne zmiany w wytwarzaniu e.e. zapomina się o konieczności dużych zmian w jej wykorzystaniu.

Energia wbudowana (embodied energy) w poszczególne wyroby jest gigantyczna. Ocenia się, że do wytworzenia średniej wielkości samochodu zużywa się 27800 kWh [19], [20]. W 2015 r. wyprodukowano na świecie 72 mln samochodów [19]; energia wbudowana w nie była rzędu 2000 TWh (12-krotność produkcji e.e. w Polsce). Połowę tej e.e. można by zaoszczędzić, zmniejszając też emisję CO₂ o 900 mln ton/a, gdyby dwukrotnie wydłużyć okres eksploatacji w pełni sprawnego technicznie pojazdu. Mniej, ale też wiele e.e. można by zaoszczędzić wydłużając czas eksploatacji sprzętu elektronicznego, nie wymieniając np. co rok „komórek” na nowe, modniejsze modele (do produkcji laptopów, tabletów i komórek zużyto w 2015 r. ok. 280 TWh energii elektrycznej [19]).

Ogromny potencjał oszczędności energii ma budownictwo. Ocenia się, że ok. 40% globalnej ilości CO₂ emituje się podczas produkcji materiałów budowlanych, wznoszenia budynków i ich użytkowania [21]. Wielkie ilości energii można by zaoszczędzić w rolnictwie; uważa się, że 1/3 żywności jest marnowana.

Eliminując powszechne marnotrawienie energii i powiększając efektywność energetyczną gospodarowania można by znacznie zredukować globalne zapotrzebowanie na energię i obniżyć emisję CO₂ znacznie bardziej, niż przez eliminację paliw kopalnych.

12. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zamiast walczyć – lepiej jest przede wszystkim skutecznie dostosowywać się do zmian klimatu (np. przez odbudowę małej retencji, którą wspomagają małe elektrownie wodne, zbiorniki w lasach oraz nie osuszanie bagien i torfowisk!).

Należy ograniczyć spalanie paliw kopalnych, zapewniając jednak równocześnie bezpieczeństwo energetyczne kraju.

Podstawową, niezbędną ilość energii elektrycznej powinny dostarczać duże, wysokosprawne, niezawodne, stabilne i sterowalne źródła (elektrownie węglowe oraz bloki elektrowni jądrowych; raczej nie – duże bloki gazowe, bo gaz ziemny jest zbyt cennym surowcem, aby go beztrudno spalać); należy szybko i precyzyjnie ustalić minimalny udział tych źródeł w krajowym miksie energetycznym.

Dużą część zapotrzebowania na e.e. powinny pokryć masowo stosowane małe, rozproszone OZE.

Duże farmy wiatrowe, jeśli okaże to konieczne, należy budować na Bałtyku, nie na lądzie.

Biomasę można wykorzystywać tylko w małych źródłach, rezygnując ze współpalania drewna w kotłach węglowych; należy też bardzo ostrożnie podchodzić do produkcji i użytkowania biopaliw.

W znacznie większym stopniu należy wykorzystywać geotermię (ciepłownictwo; pompy ciepła).

Znacznie intensywniej powinno się wykorzystywać wielkie zasoby efektywności energetycznej.

Trzeba zwiększyć możliwość magazynowania chwilowych nadwyżek energii, produkowanych przez OZE, budując kilka nowych elektrowni pompowych o łącznej mocy rzędu 6000 MW.

Należy rozwijać gospodarkę o obiegu zamkniętym (recycling). Oraz to, co jest najtrudniejsze:

Należy zdecydowanie ograniczyć marnotrawienie energii na wszelkich polach działalności: likwidować produkcję wyrobów jednorazowego użytku, nie naprawialnych (albo takich, których nie opłaca się naprawiać, bo taniej kupić nowy wyrób), nietrwałych lub wręcz niepotrzebnych.

Trzeba zmieniać styl konsumpcji i modę, preferującą ciągłą wymianę jeszcze sprawnych wyrobów na nowe (samochodów, „komórek” itp.).

LITERATURA

- [1] *Raport 2018 KSE.*
- [2] Jędral W.: *Wpływ antropogennej emisji CO₂ na zmiany klimatyczne na Ziemi.* Archiwum Spalania, nr 1-2/2009, s. 1-11.
- [3] Jędral W.: *Efektywne energetycznie układy pompowe. Cz. 2.* Warszawa, 2018, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- [4] Cowie J.: *Zmiany klimatyczne. Przyczyny, przebieg i skutki dla człowieka.* Warszawa, 2009, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego.
- [5] Chmielewski A.G., Smoliński T.: *Polityka energetyczna wybranych krajów Europy, rola energetyki jądrowej.* Instal, nr 2/2015, s. 12-18.
- [6] Marchel P., Paska J.: *Modelowanie niezawodności elektrowni wiatrowych z wykorzystaniem prędkości wiatru dla typowego roku meteorologicznego.* Rynek Energii, nr1/2011, s. 87-96.
- [7] *Powstanie największa farma wiatrowa świata.* <https://www.kierunekenergetyka.pl/artykuly,291.html>, 10.04.2018.
- [8] Strupczewski A., Koszuk Ł.: *Czy niestabilne i niesterowalne źródła energii mogą zapewnić ciągłość zasilania?* Energetyka Ciepła i Zawodowa, nr 2/2019, s. 45-50.
- [9] Forum Energetyczne Gazety Polskiej, czerwiec 2019 (wypowiedź min. J. Chlebowicza).
- [10] Chodura J.: *Promieniowanie słoneczne – podstawowe wiadomości.* Rynek Instalacyjny, nr 4/2013, s. 47-49.
- [11] Cyglicki R.: *Pożar w Turowie.* www.chronmyklimat.pl , 26.01.2012.
- [12]. *Miliardy utopione w biopaliwach* (na podst. Raportu IISD). www.chronmyklimat.pl , 24.04.2013.
- [13] *Aktualności ze Świata. Błędne obliczenia UE.* Rynek Instalacyjny, nr 10/2011, s. 9.
- [14] Drabińska U.: *Naukowcy ostrzegają: biopaliwa mogą się przyczynić do wzrostu emisji CO₂.* www.chronmyklimat.pl , 22.10.2010.
- [15] *Raport UE o biopaliwach a użytkowaniu gruntów.* Salon 24. Niezależne forum publicystów, 31.01.2012.

- [16] Igliński B., Skrzatek M.: *Czy mała energetyka wodna pozwoli na zatrzymanie stopowienia Wielkopolski?* Energetyka Wodna, nr 1/2019, s. 46-48.
- [17] Strupczewski A., Koszuc Ł.: *Plan B. Czy magazynowanie energii wystarczy do zapewnienia ciągłości zasilania systemu elektroenergetycznego przy dużym udziale odnawialnych źródeł energii?* Energetyka Ciepła i Zawodowa, nr 3/2019, s. 76-84.
- [18] Bielecki S.: *Magazyny energii i wirtualne elektrownie – rozwiązania na problemy niestabilnej generacji energii elektrycznej.* Energetyka Wodna, nr 2/2017, s. 18-23.
- [19] Smil V.: *Embodied energy: mobile devices and cars.* North American/Spectrum – IEEE Org., May 2016.
- [20] Fridley D.: *How much energy does it take to to make a car?*
[http://energyskeptic.com/2015/how_much_ ...](http://energyskeptic.com/2015/how_much_...)
- [21] *Aktualności. Budownictwo w obiegu zamkniętym.* Rynek Instalacyjny, nr 6/2019, s. 18.

RES AND ENERGY EFFICIENCY IN CONTEXT OF CHALLENGES FOR ELECTRICITY GENERATION AND UTILIZATION OF ENERGY IN POLAND

Key words: RES, energy efficiency, electricity generation, utilization of energy

Summary. Coal power industry is in the crosshairs of ecological organizations and bodies calling for action power engineering decarbonisation. The reason is the fight against climate change and CO₂ emissions, believed to be the culprit. The paper presents the negative effects of electricity generation only by large RES (renewable energy sources), especially wind farms. Considering the need to gradually reduce fossil fuel combustion the paper justifies the necessity of numbers of stabilized and controllable energy sources existence, i.e. high-efficiency coal and nuclear large power plants as well as the need to intensify the use of high energy efficiency potential and to reduce range waste of energy.

Waldemar Jędral, prof. dr hab. inż. jest emerytowanym profesorem zwyczajnym w Zakładzie Racjonalnego Użytkowania Energii w Instytucie Techniki Ciepłej na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. E-mail: jedralw@itc.pw.edu.pl