

# Linie elektroenergetyczne najwyższych napięć

Informator dla administracji  
publicznej i społeczeństwa

Folder informacyjny





# Linie elektroenergetyczne najwyższych napięć

Informator dla administracji  
publicznej i społeczeństwa



## Od Recenzenta

Przedstawiona mi do recenzji publikacja (nazywana dalej „Informatorem”) wypełnia dotkliwą lukę w procesie inwestycyjnym związanym z modernizacją lub budową linii elektroenergetycznych najwyższych napięć. Ponieważ przepisy prawa wyznaczają społeczeństwu ogromną rolę w powyższym procesie, konieczne jest dostarczenie władzom samorządowym, administracyjnym a zwłaszcza bezpośrednio zainteresowanym właścicielom posesji, przez które projektowana linia ma przebiegać, odpowiedniej wiedzy o samym procesie, a także o potencjalnych zagrożeniach, jakie linie mogą ze sobą nieść. Szczególnie ten problem w ostatnich latach stał się przyczyną nasilania się obaw społecznych o potencjalne zagrożenie dla zdrowia. Drogą do uspokojenia społeczeństwa wydaje się być upowszechnienie rzetelnej wiedzy na temat oddziaływania biologicznego pól elektromagnetycznych (PEM) wśród szeroko rozumianej populacji. Tymczasem stan wiedzy na temat wielkości PEM występujących w środowisku komunalnym, mechanizmów ich działania oraz ewentualnych skutków biologicznych i zdrowotnych, zmienia się bardzo szybko i jest trudny do śledzenia przez osoby niezwiązane zawodowo z tą dziedziną nauki. Spekulacje dotyczące oddziaływania PEM opierają się głównie na doniesieniach dostępnych w Internecie, gdzie informacje z tej dziedziny o dużej wartości naukowej należą niestety do rzadkości. Analizując treści zawarte w Informatorze z przyjemnością stwierdzam, że w zasadzie mogę podpisać się pod poglądami Autorów na ten temat. Rzeczywiście, aktualny stan wiedzy nie pozwala na definitywne rozstrzygnięcie pytania o szkodliwość obiektów elektroenergetycznych, jednakże większość dobrze zaplanowanych i wykonanych badań pokazuje, że o ile taka szkodliwość występuje to jest niewielka i nieporównywalna z wieloma innymi zagrożeniami niesionymi przez współczesną cywilizację. Nie oznacza to oczywiście, że można ją bagatelizować. Proces uzgadniania przebiegu linii powinien więc być prowadzony przy zastosowaniu zasady ostrożności, tak by PEM na które narażeni są mieszkańcy było jak najmniejsze.

Oczywiście w publikacji zawarte są nie tylko informacje o wpływie linii na zdrowie człowieka i na środowisko naturalne. W części wstępnej Autorzy w sposób przystępny i przejrzysty omawiają główne elementy Krajowego Systemu Elektroenergetycznego na tle systemów europejskich (załączona mapa Europy z naniesionymi systemami linii elektroenergetycznej pokazuje zapóźnienia Polski w tej dziedzinie, co przekonywująco uzasadnia konieczność jego rozwoju dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego całego obszaru kraju) i przedstawiają plany rozwoju systemu elektroenergetycznego w Polsce w najbliższych latach. Dostarczają czytelnikowi także podstawowej wiedzy na temat rodzajów linii elektroenergetycznych, zjawisk fizycznych jakie w ich pobliżu występują, rozkładów PEM w ich otoczeniu (i innych uciążliwych czynników związanych z ich działaniem, np. hałasu) oraz przedstawiają rozwiązania techniczne i założenia projektowe służące ochronie środowiska przed ich oddziaływaniem.

Jeszcze raz podkreślam dużą zaletę publikacji jaką jest język, którym posługują się Autorzy – stosunkowo prosty i zrozumiały dla każdego, przy czym stwierdzam z przyjemnością, że przekazywana czytelnikowi wiedza nie jest nadmiernie szczegółowa.

Zasadniczą częścią publikacji są informacje na temat przepisów regulujących proces inwestycyjny związany z modernizacją czy budową linii elektroenergetycznych oraz przebywanie ludzi w ich pobliżu. Dzięki powyższym informacjom, zarówno mieszkańcy jak i ich przedstawiciele we władzach samorządowych, uzyskują skondensowaną wiedzę, która umożliwi im efektywny udział w uzgadnianiu trasy przebiegu linii.

Podsumowując: uważam, że Autorzy publikacji „Linie elektroenergetyczne najwyższych napięć. Informator dla administracji publicznej i społeczeństwa” całkowicie wypełnili zadanie przed nimi postawione, tzn. w przystępny sposób uzmysłowili społeczeństwu konieczność rozbudowy sieci elektroenergetycznej, wskazali na możliwości efektywnego udziału w procesie decyzyjnym związanym z budową lub modernizacją linii elektroenergetycznych. Informacje zawarte w publikacji powinny również uspokoić osoby zaniepokojone ewentualnymi negatywnymi skutkami ekspozycji na pola czy hałas, ponieważ obiektywnie przedstawiają wyniki dotychczasowych badań naukowych dotyczących tego zagadnienia.

dr hab. Marek Zmysłony, prof. IMP

Kierownik Zakładu Ochrony Radiologicznej Instytutu Medycyny Pracy im. prof. dra J. Nofera w Łodzi



## Autorzy



**Prof. dr hab. Krzysztof Dołowy**, biolog, fizyk, chemik, specjalista z zakresu biofizyki i elektrofizjologii. Kierownik Katedry Fizyki Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Wieloletni stypendysta w Bostonie i Nashville, USA, Glasgow i Cardiff, Wielka Brytania oraz Espoo, Finlandia. Poseł na Sejm II kadencji. Autor licznych publikacji. Popularyzator nauki.



**Dr hab. inż. Andrzej Kraszewski**, profesor Politechniki Warszawskiej na Wydziale Inżynierii Środowiska, jest specjalistą w zakresie oddziaływania energetyki i przedsięwzięć infrastrukturalnych na środowisko. Prowadzi badania w zakresie metodologii ocen oddziaływania na środowisko, oddziaływania systemów energetycznych na środowisko, roli konfliktu w podejmowaniu decyzji. W latach 2010-2011 pełnił funkcję ministra środowiska. Autor licznych publikacji i opracowań wdrożonych w przemyśle i administracji publicznej.



**Mgr inż. Stefan Różycki**, elektryk. Ma w swoim dorobku laboratoryjne badania wpływu impulsowego pola elektrycznego na żywe komórki a także pomiary pól elektromagnetycznych w środowisku. Specjalista w dziedzinie oddziaływania infrastruktury elektroenergetycznej i radiowej na otoczenie. Zajmuje się kwestiami normalizacji i aspektami formalno-prawnymi w tym zakresie. Autor wielu publikacji.

## Spis treści

8	Czego się dowiesz z tego informatora?
9	Cywilizacja elektryczności
12	System elektroenergetyczny – jak to działa? <ul style="list-style-type: none"><li>12 Źródła energii w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym</li><li>15 Przesyłanie energii i jej dystrybucja</li><li>18 Zarządzanie Krajowym Systemem Elektroenergetycznym: <i>Krajowa Dyspozycja Mocy</i></li><li>18 Rozwój Krajowego Systemu Elektroenergetycznego – dlaczego jest konieczny?</li></ul>
22	Jak odbywa się przesyłanie energii elektrycznej? <ul style="list-style-type: none"><li>23 Konstrukcja linii przesyłowej</li><li>26 Budowa stacji elektroenergetycznych</li><li>28 Budowa sieci rozdzielczych</li></ul>
30	Pola w otoczeniu linii elektroenergetycznych <ul style="list-style-type: none"><li>30 Pole elektryczne i magnetyczne</li><li>32 Pole elektryczne i pole magnetyczne w otoczeniu linii elektroenergetycznych</li><li>38 Pomiary i modelowanie pól elektromagnetycznych</li><li>39 Hałas i zaburzenia radioelektryczne</li><li>40 Sposoby zmniejszania natężenia pola elektromagnetycznego, hałasu i ulotu</li></ul>
42	Oddziaływanie linii elektroenergetycznych na zdrowie ludzi i na środowisko <ul style="list-style-type: none"><li>43 Oddziaływanie pola elektromagnetycznego na zdrowie człowieka</li><li>50 Oddziaływanie linii najwyższych napięć na środowisko społeczne</li><li>57 Oddziaływanie linii najwyższych napięć na środowisko przyrodnicze</li></ul>
60	Standardy i przepisy prawa przy projektowaniu infrastruktury przesyłowej <ul style="list-style-type: none"><li>60 Dopuszczalne wartości natężenia pola elektrycznego i magnetycznego</li><li>62 Normy techniczne obowiązujące napowietrzne linie elektroenergetyczne</li></ul>
63	Dlaczego w naszej gminie? Planowanie, budowa i uruchamianie linii najwyższych napięć <ul style="list-style-type: none"><li>63 Od polityki rozwoju kraju do planu rozwoju sieci przesyłowej</li><li>66 Planujemy nową linię najwyższych napięć</li><li>70 Zanim rozpocznie się budowa</li></ul>
77	Budowa linii przesyłowej i przekazanie jej do eksploatacji
80	Słownik wyrażen i terminów użytych w publikacji
82	Literatura wykorzystana w pracy
84	Indeks wyrażen i terminów



## Czego się dowiesz z tego informatora?

Być może właśnie dowiedziałeś się, że w Twoim sąsiedztwie planowana jest budowa nowej linii najwyższych napięć. Zapewne w pierwszym odruchu nie jesteś z tego powodu zadowolony, masz chęć protestować. Dlaczego właśnie tutaj? Czy to jest bezpieczne dla zdrowia? Czy nie będzie mi przeszkadzać hałas, który podobno taka linia emituje? Czy dalej będę mógł korzystać z radia i telewizji bez zakłóceń? Czy *środowisko przyrodnicze* nie ulegnie zniszczeniu? Czy będę nadal mógł uprawiać swoją ziemię tak jak dotychczas? I wreszcie – taka piękna okolica, czy to właśnie tutaj muszą mi budować wysokie słupy, które będę musiał codziennie oglądać? To zrozumiałe, że masz wątpliwości i że zadajesz pytania. W niniejszej publikacji postaramy się na nie odpowiedzieć.

Z elektryczności codziennie korzysta każdy z nas. Trudno sobie wyobrazić nasze życie bez energii elektrycznej. Już nawet nie chodzi o to, że w przypadku braku prądu nie można obejrzeć ulubionego programu w telewizji, ale zaspokojenie niemal każdej potrzeby człowieka wiąże się z wykorzystaniem energii elektrycznej, w tym funkcjonowanie komunikacji, łączności, szpitali, straży pożarnej i wielu innych instytucji o podstawowym znaczeniu dla naszego życia i bezpieczeństwa. Dostępność oraz bezpieczeństwo dostaw przesyłanej energii elektrycznej wpływają również na możliwość rozwoju Twojej gminy czy Twojego województwa, co ma znaczenie dla powstawania nowych miejsc pracy.

Za pewność i bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej odpowiedzialne są Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A. (PSE S.A.), które są operatorem systemu przesyłowego na obszarze naszego kraju.

PSE S.A. jest spółką będącą w 100% własnością Skarbu Państwa.

Rozwijająca się polska gospodarka potrzebuje coraz więcej energii i to pomimo bardziej efektywnego jej używania, dlatego w krótkim czasie konieczne będzie wybudowanie ok. 4600 km nowych linii przesyłowych najwyższych napięć [1]. W naszym kraju nie ma pustych, rozległych terenów, gdzie lokalizacja linii elektroenergetycznych nikomu by nie przeszkadzała. Nowe linie przesyłowe, tam gdzie jest to możliwe, prowadzone są na znacznych długościach przez tereny wolne od zabudowań, czasami jednak pojawiają się w sąsiedztwie wielu naszych miast i osiedli. Dlatego właśnie ważne jest, abyś dowiedział się jak najwięcej o działającym w Polsce systemie elektroenergetycznym i o tym, jakie korzyści dla Ciebie i Twojej okolicy, a także dla społeczeństwa i gospodarki wiążą się z budową nowych linii przesyłowych.

Ta publikacja pomoże znaleźć odpowiedzi na wiele nurtujących Cię pytań i wątpliwości.

## Cywilizacja elektryczności

Korzyści wynikające z ciągłej dostawy energii elektrycznej są tak powszednie, że na co dzień możemy ich nie dostrzegać. Dopiero rozległe awarie spowodowane wichurą, powodzią lub zerwaniem przewodów linii zasilającej nasze miasto, które choć zdarzają się rzadko, potrafią kompletnie sparaliżować nasze codzienne życie. Brak oświetlenia ulic, brak sygnalizacji świetlnej kierującej ruchem ulicznym, brak możliwości uzupełnienia zapasów żywności i paliwa z powodu zamknięcia sklepów i stacji benzynowych, brak działającej komunikacji miejskiej i kolei elektrycznej to tylko niektóre przykłady pokazujące, jak bardzo nasze codzienne życie jest zależne od energii elektrycznej. Dodajmy do tego konieczność wstrzymania ruchu lotniczego z powodu niedziałających radarów i innych urządzeń zapewniających bezpieczeństwo ruchu w powietrzu oraz

startów i lądowań samolotów. Podobnie jest również z ograniczeniami w ruchu kolejowym w przypadku braku funkcjonowania systemu sygnalizacji i bezpieczeństwa ruchu pociągów.

Bez powyższych dóbr człowiek jest w stanie przeżyć przez kilka dni, ale pamiętać należy, że brak dostaw energii elektrycznej ogranicza również możliwość normalnego działania policji, straży pożarnej i lokalnej stacji pogotowia ratunkowego. W szpitalach znajduje się aparatura medyczna ratująca życie nowo narodzonym dzieciom, aparatura diagnostyczna i urządzenia umożliwiające dokonywanie zabiegów chirurgicznych, które to urządzenia nie mogą funkcjonować bez stałego zasilania elektrycznego. Przykładem takich sytuacji może być awaria, która miała miejsce w Szczecinie w 2008 roku. Awaria trwała na

### Szczecin bez prądu

Mieszkańcy Szczecina i okolic zmagali się z awarią prądu przez cały wtorek. Awarię spowodowała... natura, czyli obfite opady śniegu z deszczem, pod którego ciężarem załamały się słupy energetyczne. Gdyby chociaż jedna z czterech linii najwyższych i wysokich napięć zasilających lewobrzeżną część Szczecina oparła się ciężarowi mokrego śniegu, lokalne *elektrociepłownie* mogłyby pracować normalnie.

### Powrót do przeszłości

W Szczecinie zapanował chaos. Nie jeździły pociągi, autobusy, pozamykano urzędy i większość sklepów. Przed tymi otwartymi ustawiały się natomiast długie kolejki, szczecińskie szpitale pracowały jak na ostrym dyżurze. Ale – jak podkreślały władze miejskie – od początku bezpieczeństwo pacjentów nie było zagrożone. Strażacy użyli placówkom zastępczych agregatów. W niektórych placówkach odwołano jednak planowe zabiegi. W dwóch szpitalach wystąpiły problemy z dostawami wody, co uniemożliwiło pracę stacji dializ, ale dowieziono im wodę beczkowozami...

TVN 24, 9 kwietnia 2008 roku

szczęście tylko jeden dzień. Szpitale, lotniska i inne ważne dla naszego bezpieczeństwa instytucje mogą być wyposażone we własne zasilanie awaryjne w postaci agregatów prądotwórczych pozwalających przez pewien czas na samowystarczalność energetyczną. Czas ten zwykle wykorzystuje się np. do ewakuacji szpitala.

Mało jest spraw równie ważnych w procesach rozwoju polskiej gospodarki jak zmniejszanie bezrobocia. Przedsiębiorca, który szuka terenu, by otworzyć nowy zakład produkcyjny dający zatrudnienie wielu ludziom, oprócz dostępności surowca zwraca uwagę na dwie główne kwestie: możliwości komunikacyjne i dostępność energii elektrycznej dającej pewność zasilania. Bez gwarancji ciągłej dostawy energii elektrycznej w naszej gminie lub naszym województwie inwestor nie zdecyduje się na budowę zakładu, który zapewni nowe miejsca pracy oraz zasili budżet gminy poprzez wpływy z podatków. Dostępność energii elektrycznej pozwala na rozwój lokalnych firm budowlanych, placówek handlowych, rolnictwa, placówek kultury i rozrywki, gastronomii i wielu innych, co jest warunkiem

koniecznym do wzrostu dobrobytu w naszym regionie.

Społeczeństwo jest tym bogatsze, im bardziej rozwinięta jest jego gospodarka. W Polsce dopiero od 25 lat gospodarka może normalnie się rozwijać, a zaledwie od 10 lat jesteśmy członkiem Unii Europejskiej, co dodatkowo przyspiesza nasz rozwój gospodarczy.

Rozwój gospodarczy przyczynił się do wycofania wielu energochłonnych technologii wytwarzania dóbr i usług na rzecz technologii energooszczędnych, jednak rozwijającej się gospodarce potrzebne są wciąż nowe źródła energii elektrycznej oraz nowa infrastruktura niezbędna do przesłania energii wszędzie tam, gdzie już niebawem zacznie jej brakować, np. w niektórych regionach północnej Polski, w Warszawie i okolicach oraz na Lubelszczyźnie.

Ilość wytworzonej i zużytej energii elektrycznej mierzy się w skali gospodarki w terawatogodzinach (TWh). Terawatogodzina to miliard kilowatogodzin. Tyle energii wystarczyłoby, by żarówka

100-watowa paliła się nieprzerwanie przez 10 miliardów godzin.

W tabeli 1. przedstawiono ilość energii elektrycznej wytworzonej przez krajowe elektrownie w porównaniu z energią elektryczną wytworzoną przez inne kraje Europy.

Polska ma jeszcze wiele do zrobienia w dziedzinie efektywności energetycznej, która pozwala wytwarzać dochód narodowy przy zużyciu mniejszej ilości energii. Sama efektywność jednak nie wystarczy. Przykłady innych europejskich gospodarek dowodzą, że najbardziej rozwinięte kraje zaledwie zwolniły tempo wzrostu zużycia energii elektrycznej i mimo poziomu, który osiągnęły, zużycie energii jest w nich nadal wysokie. Należy przy tym pamiętać, że spadek tempa wzrostu zużycia energii jest jednak w części spowodowany przenoszeniem się całych gałęzi przemysłu do krajów azjatyckich. W Polsce również przewiduje się rozwój przemysłu i usług, dlatego nam również potrzebne będą nowe moce wytwórcze i tym samym nowe linie przesyłowe służące do przesłania wytworzonej energii.

Już niedługo pierwsze elektryczne autobusy komunikacji zbiorowej pojawią się na ulicach naszych miast, Warszawa już rozstrzygnęła przetarg na pierwsze 10 takich autobusów. Zaczniemy też z czasem używać samochodów elektrycznych. W Europie ich sprzedaż w ciągu ostatnich lat podwaja się każdego roku. Eksperci szacują, że za 10 lat już 10% samochodów użytkowanych w Europie będą stanowiły samochody elektryczne.

**Nasza cywilizacja to cywilizacja elektryczności. W miarę jej rozwoju będziemy potrzebować coraz więcej energii elektrycznej. Uczmy się ją użytkować racjonalnie i wytwarzać w taki sposób, by jak najmniej zanieczyszczać środowisko naturalne.**

**Wytworzona energia powinna być dostarczona wszędzie tam, gdzie jest potrzebna ludziom i niezbędna dla naszej gospodarki. Tylko budowa nowoczesnej sieci przesyłowej i dystrybucji energii pozwoli na większą niezawodność dostaw energii elektrycznej do każdego odbiorcy. Pewność dostaw energii przy tak szerokim jej zastosowaniu jest kluczowym zagadnieniem dla naszego kraju.**

	Wytworzona energia elektryczna (TWh)		Przyrost (%)
	2000	2012	
Niemcy	538,5	592,7	10,1%
Francja	516,9	539,2	4,3%
Wielka Brytania	360,8	345,8	-4,2%
Włochy	263,3	287,8	9,3%
Hiszpania	214,4	286,6	33,7%
Szwecja	141,6	162,8	15,0%
<b>Polska</b>	<b>132,2</b>	<b>147,6</b>	<b>11,6%</b>
Holandia	86,0	98,6	14,7%
Czechy	68,0	81,1	19,3%

Tabela 1. Energia elektryczna netto wytworzona w wybranych państwach UE w latach 2000 i 2012 oraz przyrost produkcji w tym okresie w odniesieniu do roku 2000. Źródło: Eurostat 2014

## System elektroenergetyczny – jak to działa?

System wytwarzania, przesyłu, dystrybucji i odbioru energii elektrycznej to *system elektroenergetyczny*. Ma go każde rozwinięte państwo na świecie i w każdym takim państwie należy on do tzw. infrastruktury krytycznej, najpilniej strzeżonego rodzaju infrastruktury, która ma podstawowe znaczenie dla funkcjonowania społeczeństwa, gospodarki i państwa. Systemy elektroenergetyczne państw Unii Europejskiej są coraz lepiej powiązane ze sobą,

co umożliwia międzynarodową wymianę energii elektrycznej, jak również zapewnia możliwość dostarczania energii elektrycznej od krajów sąsiadujących w przypadku wystąpienia poważnych awarii. Poniżej przedstawiono opis Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE) wraz z zasadami jego funkcjonowania. Zarysowano również plany rozbudowy KSE w perspektywie następnych kilkunastu lat.

### Źródła energii w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym

Energia elektryczna wytwarzana jest w elektrowniach. Pierwsze polskie elektrownie były zasilane węglem i zostały wybudowane pod koniec XIX wieku. Uruchomienie pierwszej elektrowni w Warszawie, na Powiślu, nastąpiło w 1903 roku. Była to elektrownia opalana węglem. Również i obecnie podstawowymi źródłami energii w Polsce są *systemowe elektrownie ciepłe*. Określenie „systemowe” związane jest z tym, że stanowią one podstawę *systemu elektroenergetycznego*, z kolei określenie „elektrownie ciepłe” wynika z pierwotnego źródła, z którego czerpie się energię, jakim jest przede wszystkim węgiel kamienny lub brunatny. W elektrowni ciepłej węgiel spalany jest w kotłach energetycznych, w których wytwarza się parę wodną pod wysokim ciśnieniem. Para wodna jest kierowana na łopatki turbin, które obracając się, napędzają generator produkujący energię elektryczną. Taki zespół prądotwórczy nazywa się *turbogeneratorem*. Elektrownie, których głównym celem jest produkcja energii elektrycznej na potrzeby KSE, nazywa się elektrowniami zawodowymi.

W Polsce mamy także sporo *elektrowni przemysłowych*, które wytwarzają energię na potrzeby wielkich zakładów przemysłowych, zaś nadwyżki energii dostarczają do KSE. Niektóre bloki współczesnych zawodowych i przemysłowych elektrowni ciepłych mogą być zasilane gazem lub paliwami ropopochodnymi. Jeśli nadzieje na wydobycie gazu łupkowego ze złóż krajowych się spełnią, to gaz jako źródło energii będzie można uznać za ważną perspektywę dla elektroenergetyki. Na razie jednak *elektrownie zawodowe* pracujące przy wykorzystaniu „błękitnego paliwa” to jedynie 2,42% zainstalowanej mocy (zob. rys. 2b). Polska elektroenergetyka zawodowa oparta jest, jak już wspomniano, na spalaniu węgla kamiennego i brunatnego. W 2013 roku aż 87% energii otrzymano ze spalania tego paliwa (zob. rys. 2). Polska ma jeszcze znaczące zasoby tego surowca, który do chwili obecnej jest najpewniejszym z zasobów gwarantujących nam bezpieczeństwo energetyczne. Największy jak dotąd w Polsce blok energetyczny wykorzystujący energię ze spalania węgla brunatnego został uruchomiony we wrześniu 2011 roku w Elektrowni Bełchatów i ma moc 858 MW (zob. rys. 1).



Rysunek 1. Blok o mocy 858 MW w Elektrowni Bełchatów. Fot. PGE S.A. (<http://www.pgeiek.pl>).

Elektrownie ciepłe opalane węglem to obecnie najtańsze źródło energii elektrycznej, jednak nasz kraj jako członek Unii Europejskiej zobowiązał się do redukcji emisji dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) i do rozwoju odnawialnych źródeł energii (OZE) [2]. Pozwalają one na oszczędzanie zasobów paliw kopalnych i znaczną redukcję emisji przede wszystkim dwutlenku węgla, ale i pyłów, związków siarki oraz tlenków azotu [3]. W polskim systemie elektrowni zawodowych największe znaczenie wśród wykorzystywanych OZE ma spalanie *biomasy* oraz jej współspalanie z węglem.

Kolejne *odnawialne źródła energii*, które w ciągu ostatniej dekady pojawiły się w systemie elektroenergetycznym, to *elektrownie wiatrowe* oraz – na razie jeszcze w niewielkiej ilości – *elektrownie fotowoltaiczne* i *biogazownie*. W 2013 roku udział energii elektrycznej pochodzącej z OZE w krajowej sprzedaży energii elektrycznej odbiorcom końcowym wyniósł ok. 12,15%. Pozwoliło to dotrzymać procentowy udział energii elektrycznej pochodzącej z OZE, wymagany w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 18.10.2012 roku [4]. Warto

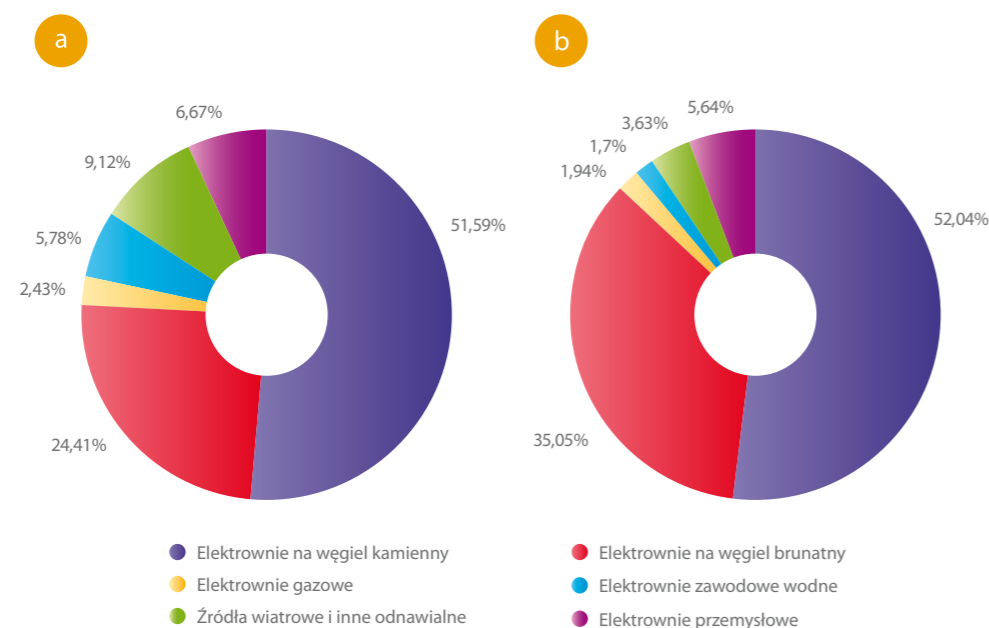
zwrócić uwagę, że w ciągu ostatnich dwóch lat ilość wyprodukowanej zielonej energii wzrosła ponad dwukrotnie.

Energia elektryczna wytwarzana w elektrowniach wiatrowych i fotowoltaicznych jest na razie droższa od energii produkowanej w sposób konwencjonalny, tj. z węgla.

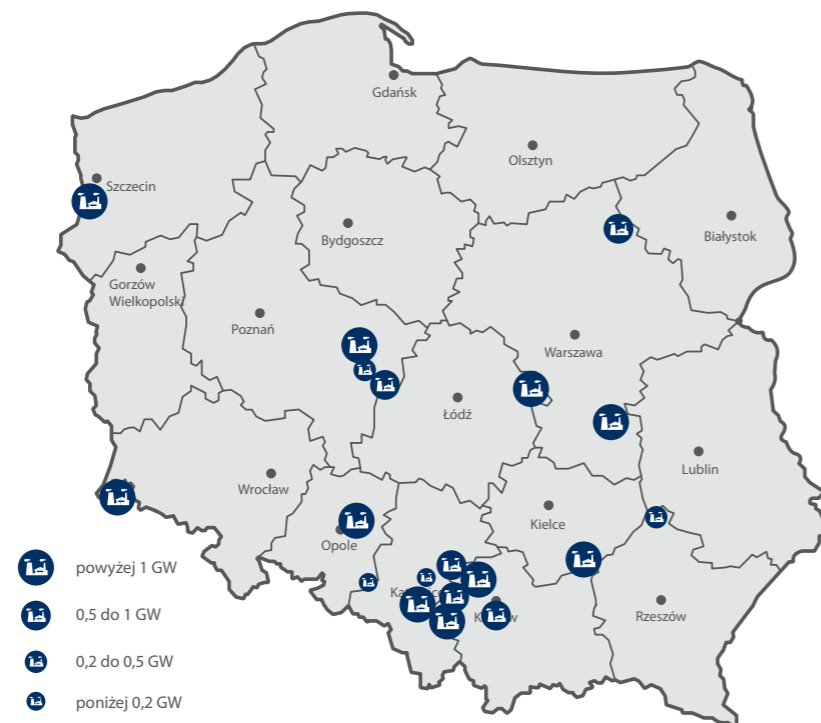
Rozwój elektrowni wiatrowych i fotowoltaicznych następuje szybko i wymaga również z tego powodu rozbudowy sieci przesyłowej tak, aby umożliwić odbiór wyprodukowanej przez OZE energii.

Do odnawialnych źródeł energii należą również *elektrownie wodne*: przepływowe, zbiornikowe i szczytowo-pompowe. W 2013 roku *zawodowe elektrownie wodne* dostarczyły do KSE 2,76 TWh, co stanowi 1,7% wytworzonej energii (zob. rys. 2b).

Struktura wszystkich źródeł ze względu na zainstalowaną moc i wyprodukowaną energię w Krajowym Systemie Energetycznym jest przedstawiona na rys. 2.



Rysunek 2. Struktura źródeł ze względu na zainstalowaną moc (a) i wyprodukowaną energię (b) w Krajowym Systemie Energetycznym. Stan na 31.12.2013 roku.  
Źródło: PSE S.A.



Rysunek 3. Lokalizacja elektrowni zawodowych w KSE.  
Źródło: cire.pl

Elektrownie zawodowe pracujące w KSE nie są niestety rozłożone równomiernie na terenie kraju, co zaprezentowane zostało na rys. 3. Elektrownie były w przeszłości budowane blisko miejsc, gdzie wydobywa się węgiel kamienny i brunatny, gdyż

obniżało to koszty transportu, zatem większość z nich zlokalizowana jest w południowej części kraju. Powoduje to jednak konieczność budowy linii przesyłowych, by możliwe było dostarczenie energii do odbiorców w północnej części kraju.

### Przesyłanie energii i jej dystrybucja

Przesyłanie energii elektrycznej na duże odległości wymaga wykorzystania napowietrznych linii elektroenergetycznych wysokich i najwyższych napięć. System przesyłowy składa się głównie z linii najwyższych napięć, które są podstawowym elementem każdego systemu elektroenergetycznego, ale również linii wysokiego napięcia. Na razie nie ma innych rozwiązań pozwalających na równie efektywny przesył energii elektrycznej na duże odległości. Osobnym problemem jest zasilanie wielkich aglomeracji miejskich. Potrzebują one szczególnie dużo energii elektrycznej, a lokalizacja na ich terenie elektrowni ciepłych ze względu na ich uciążliwość dla środowiska nie jest praktykowana. Część z aglomeracji miejskich czerpie energię elektryczną z elektrociepłowni, których głównym zadaniem jest wytwarzanie ciepła, lecz mogą one równocześnie wytwarzać energię elektryczną. Taka równoczesna produkcja energii cieplnej i elektrycznej nazywana jest kogeneracją i jest najbardziej efektywnym sposobem wykorzystywania energii pierwotnej zawartej w węglu lub w gazie. Zwykle jednak to nie wystarcza. Napowietrzne linie elektroenergetyczne najwyższych napięć przesyłają energię elektryczną z odległych elektrowni na przedmieścia wielkich miast, gdzie jest ona transformowana do niższych napięć i sieciami rozdzielczymi rozprowadzana do odbiorców.

60 kV znajdują zastosowanie w lokalnych sieciach rozdzielczych. W Polsce najczęściej używa się do tego celu linii 15 kV. Według stanu na 31 grudnia 2015 roku w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym przede wszystkim stosowane są napowietrzne linie najwyższych napięć:

- 400 kV, obecnie o łącznej długości 5 984 km,
- 220 kV, obecnie o łącznej długości 7 971 km.

Eksploatowane jest również podmorskie połączenie elektroenergetyczne ze Szwecją. Połączenie to ma długość 254 km i pracuje pod stałym napięciem 450 kV. Rozmieszczenie sieci elektroenergetycznych najwyższych napięć w KSE pokazuje mapa przedstawiona na rys. 4. Uwidoczniono na niej węzły, w których poszczególne linie najwyższych napięć zaczynają się i kończą lub gdzie łączą się ze sobą. Węzły te to stacje elektroenergetyczne łączące poszczególne linie przesyłowe tworzące wspólnie sieć elektroenergetyczną najwyższych napięć. W Krajowym Systemie Elektroenergetycznym mamy obecnie 106 stacji elektroenergetycznych najwyższych napięć.

Pracujące w elektrowniach turbogeneratory wytwarzają prąd elektryczny najczęściej pod napięciem 5–12 kV. Stacje elektroenergetyczne zbudowane przy elektrowniach podwyższają napięcia z poziomu napięcia wytwarzanego przez generator do poziomu napięcia w sieci przesyłowej, jest to zazwyczaj 110 kV, 220 kV lub 400 kV. Zmiana napięcia przesyłania energii elektrycznej na napięcie niższe odbywa się również na stacjach elektroenergetycznych odległych od elektrowni nieraz o wiele kilometrów. Energia wyprowadzana jest z tych stacji liniami wysokiego napięcia 110 kV, które przesyłają wytworzoną energię do

Linie elektroenergetyczne najwyższych napięć (NN) to linie o napięciach 220 kV i 400 kV lub wyższych; służą do przesyłania energii na duże odległości, ponieważ pozwalają na ograniczenie strat energii związanych z jej przesyłem. Jeżeli energia jest przesyłana bliżej, stosuje się linie wysokiego napięcia (WN) 110 kV, z kolei linie średniego napięcia (SN) od 1 kV do



kolejnych stacji elektroenergetycznych, gdzie napięcie jest dalej obniżane, czyli transformowane do średniego napięcia, najczęściej 15 kV. Energia o napięciu 15 kV zasila wspomnianą poprzednio sieć rozdzielczą, która liniami średniego napięcia doprowadza energię elektryczną do naszego miasta lub naszej wsi. Tutaj ostatecznie średnie napięcie przetwarzane jest na niskie, czyli takie, jakie mamy w naszych domowych gniazdkach.

W miastach z uwagi na gęstą zabudowę często zastosowanie znajdują linie kablowe niskiego i średniego napięcia zlokalizowane pod ziemią, zaś na terenach wiejskich najczęściej spotykamy linie napowietrzne.

Pozostaje jeszcze wyjaśnić, w jaki sposób możliwa jest transformacja napięcia. Służą do tego urządzenia zwane transformatorami. Transformatory

mogą zarówno przetwarzać napięcie z niższego na wyższe, jak i odwrotnie – z wyższego na niższe. Transformatory elektroenergetyczne najwyższych i wysokich napięć to urządzenia dużych rozmiarów zainstalowane w stacjach elektroenergetycznych. Transformatory mniejszych rozmiarów, które przetwarzają średnie napięcie na niskie, instaluje się na słupach w pobliżu naszych domów.

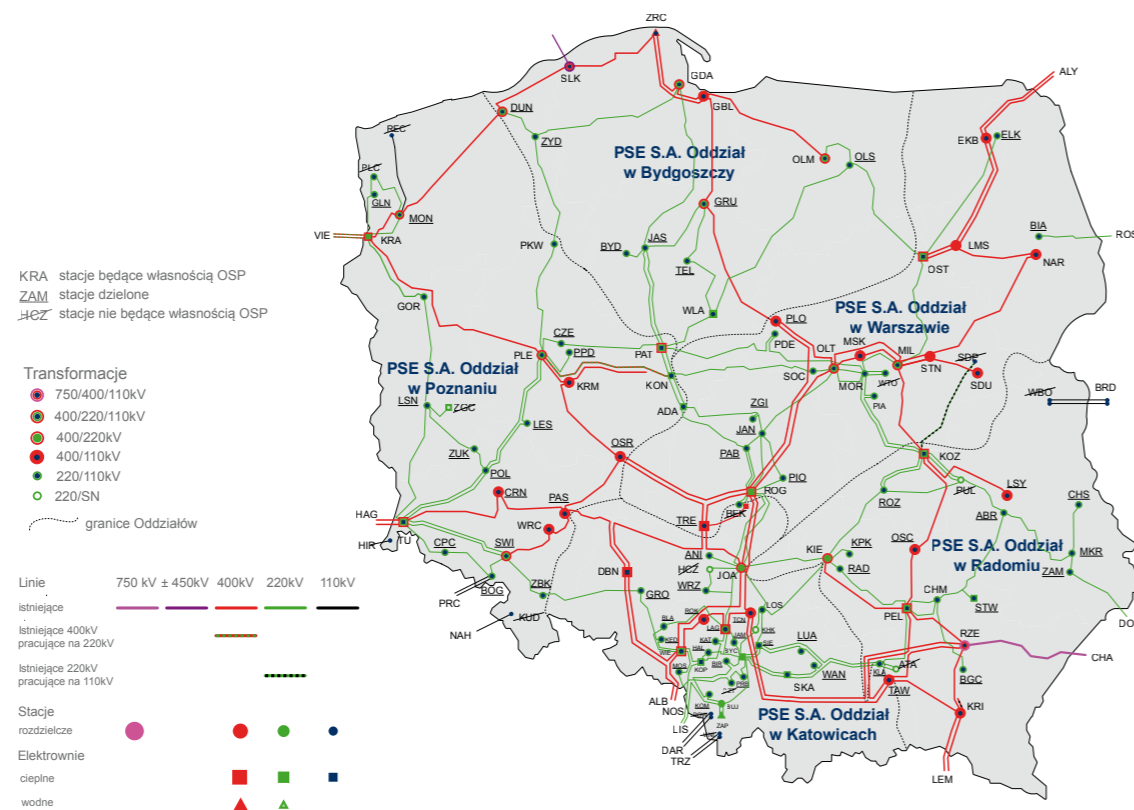
Przesył i dystrybucja energii wśród jej użytkowników nie mogą zależeć od działania tylko jednej linii przesyłowej najwyższego napięcia, dostarczającej energię do stacji elektroenergetycznej, ponieważ awaria takiej linii mogłaby pozbawić dostaw prądu nawet miliony odbiorców, przybierając rozmiary prawdziwej katastrofy. Każda linia elektroenergetyczna wymaga też okresowego wyłączania, aby możliwe było przeprowadzenie prac konserwacyjnych i remontowych. Stacje

elektroenergetyczne są miejscami, gdzie można doprowadzić linie elektroenergetyczne z różnych kierunków, np. z innych stacji zasilanych przez alternatywne źródła. Umożliwia to dokonywanie przełączeń między liniami przesyłowymi zasilanymi przez różne elektrownie, co zapewnia odbiorcom energii nieprzerwaną jej dostawę. Taka struktura sieci przesyłowej umożliwia również czasowe wyłączania części bądź całości elektrowni bez szkody dla odbiorców. Pozwala to na wyłączanie odcinków linii elektroenergetycznych w celu ich konserwacji czy też szybkie przywracanie zasilania w przypadku wystąpienia sytuacji awaryjnych.

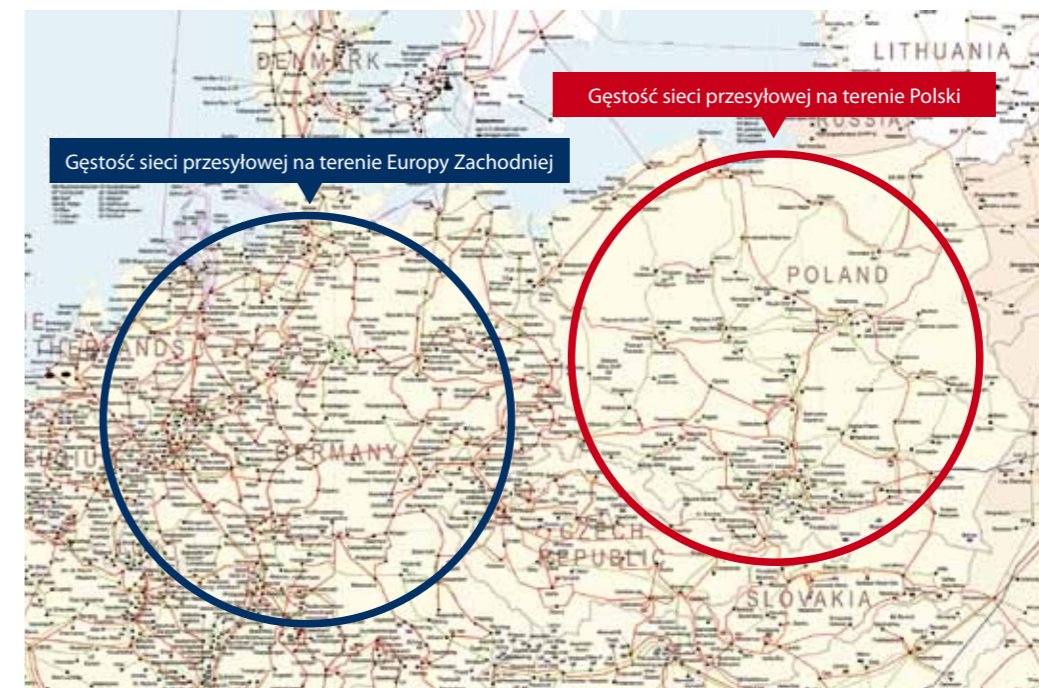
Jeśli weźmie się pod uwagę umiejscowienie elektrowni przedstawione na rys. 3 oraz rozmieszczenie sieci elektroenergetycznych najwyższych napięć w KSE pokazane na rys. 4, widać, że polski

system przesyłowy wymaga rozwoju. Jeszcze dobitniej pokazuje to rys. 5., na którym widać plan sieci przesyłowych Polski w porównaniu z innymi krajami w naszej części Europy.

W przypadku braku działań rozwojowych polegających na rozbudowie sieci przesyłowej stwarza ryzyko braku pewności dostaw energii oraz ograniczone możliwości rozwoju gospodarki w wielu rejonach Polski. Należą do nich województwa: warmińsko-mazurskie, podlaskie, kujawsko-pomorskie, lubelskie i w znacznej mierze pomorskie. Północna część Polski zużywa trzy razy więcej energii elektrycznej, niż wytwarza się jej na tym terenie [5]. Tam właśnie w pierwszej kolejności PSE S.A. zaplanowały rozbudowę infrastruktury przesyłowej.



Rysunek 4. Mapa przebiegu sieci elektroenergetycznej najwyższych napięć w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym.  
Źródło: PSE S.A.



Rysunek 5. Mapa linii elektroenergetycznych najwyższych napięć w Polsce i w krajach sąsiednich.  
Źródło: Interconnected Network of Continental Europe, ENTSO-E [6]



## Zarządzanie Krajowym Systemem Elektroenergetycznym: Krajowa Dyspozycja Mocy

Nad pracą Krajowego Systemu Elektroenergetycznego czuwa Krajowa Dyspozycja Mocy (KDM), w której dyspozytorzy mają szerokie uprawnienia i którzy mogą sterować zarówno pracą elektrowni, jak i stacji elektroenergetycznych. W razie potrzeby zlecają dokonywanie przełączeń zasilania pomiędzy innymi źródłami energii elektrycznej. Pracując na nowoczesnej aparaturze, widzą, gdzie i ile energii jest potrzebne odbiorcom, dbają więc o dostarczenie jej wszędzie tam, gdzie to konieczne, wykorzystując sieci najwyższych napięć i wybrane odcinki sieci wysokiego napięcia. Wymaga to ciągłej pracy dyspozytorów, ponieważ zapotrzebowanie na energię elektryczną nie jest stałe. Zmienia się w ciągu doby w całym kraju i jest spowodowane trybem życia, jaki prowadzimy. W nocy zapotrzebowanie to jest bardzo niskie, ponieważ wyłączamy w naszych domach praktycznie wszystkie odbiorniki energii elektrycznej, w tym światło. Gospodarka również potrzebuje nocą mniej energii, gdyż zatrzymuje się produkcja większości zakładów przemysłowych, z wyjątkiem tych o ruchu ciągłym. Z kolei w miastach nocą rośnie zapotrzebowanie na energię z uwagi na konieczność oświetlenia ulic, sklepów czy parków.

Musimy pamiętać, że raz wyprodukowana energia elektryczna musi zostać zużyta, inaczej dojdzie do strat energii, dlatego też operatorzy systemu starają się dopasować ilość wytwarzanej energii do aktualnego na nią zapotrzebowania.

Podstawowym elementem ułatwiającym dyspozytorom sterowanie KSE zapewniające stabilność dostaw energii i równomierną pracę elektrowni systemowych w KSE są sieci najwyższych i wysokich napięć. Są one skonfigurowane w taki sposób, by możliwe było przełączanie zasilania poszczególnych regionów kraju z różnych źródeł. Wymaga to znacznego rozwoju sieci przesyłowej i budowy nowych stacji elektroenergetycznych.

Przeciętny odbiorca energii mógłby uznać, że wszystko funkcjonuje prawidłowo, tzn. ilość produkowanej na bieżące potrzeby energii jest wystarczająca, a awarie zdarzają się rzadko. Inaczej jest na przykład w przypadku dróg. Gdy brakuje w kraju nowoczesnych dróg, wiedzą o tym wszyscy, którzy jeżdżą samochodami, gdyż niedogodności z tym związane są bezpośrednio odczuwalne. Ponieważ nie widać tego gołym okiem, o tym, że system elektroenergetyczny pilnie wymaga modernizacji i rozwoju, wiedzą tylko specjaliści.

## Rozwój Krajowego Systemu Elektroenergetycznego – dlaczego jest konieczny?

Nie tylko w północnej części kraju, ale w wielu regionach Polski należy zwiększyć poziom bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej, co związane jest z koniecznością rozbudowy infrastruktury wytwórczej i przesyłowej, głównie linii najwyższych napięć. W przypadku elektrowni jest ponad 38 000 MW zainstalowanej mocy, która powinna wystarczać do pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną nawet z zapasem. Dla przykładu w 2013 roku największe, szczytowe zapotrzebowanie na energię wyniosło 24 761 MW. Niestety wiele z bloków elektroenergetycznych jest wyeksploatowanych i niedługo

będzie musiało być wyłączonych z systemu. Do roku 2020 konieczne będzie wycofanie z użytkowania bloków o łącznej mocy 6400 MW. Czym je zastąpić?

Górnicy powiedzą – nowymi blokami opalonymi węglem. Dają najtańszą energię, największą pewność i stabilność jej wytwarzania, węgiel jest wydobywany w polskich kopalniach, więc zachowujemy bezpieczeństwo energetyczne. To prawda, jednak polityka klimatyczna Unii Europejskiej w coraz większym stopniu obciąża energetykę konwencjonalną kosztami emisji CO<sub>2</sub> i energia będzie przez to

stawała się coraz droższa. Nasze kopalnie węgla kamiennego muszą też przejść kosztowną modernizację, bo obecnie z trudem konkurują z węglem importowanym.

Polska ma jeszcze zasoby węgla brunatnego, lecz uruchomienie nowych odkrywek spotyka się z dużym oporem lokalnych społeczności.

Zwolennicy energetyki atomowej powiedzą – rozwiązaniem są energetyczne reaktory atomowe. Gwarantują równie niezawodne dostawy taniej energii, a nie emitują CO<sub>2</sub>. To także prawda, tyle że koszty inwestycyjne są ogromne, nie mamy również doświadczenia w budowie takich elektrowni, co dodatkowo utrudnia realizację inwestycji związanych z ich budową. Pozostaje też problem odpadów wypalonego paliwa jądrowego, które będzie musiało być bezpiecznie składowane głęboko pod ziemią przez tysiące lat. Jednak znalezienie miejsca na takie składowisko wszędzie w Europie napotyka duże trudności w przekonaniu lokalnych społeczności, że nie jest to dla nich niebezpieczne.

Ekolodzy z kolei mówią – węgiel i paliwo jądrowe w żadnym wypadku, należy rozwijać *odnawialne źródła energii*. Są najczystsze, a wiatr i słońce mamy za darmo. Jest to prawda, jednak energia z farm wiatrowych oraz elektrowni fotowoltaicznych ciągle jeszcze nie może konkurować ceną z energetyką

konwencjonalną. Dochodzą do tego problemy ze stabilnością dostaw energii, które powodowane są zmiennymi warunkami meteorologicznymi. Wielu ludzi nie życzy też sobie sąsiedztwa wiatraków, bo ich zdaniem hałasują i szpecą krajobraz.

Jakie zatem źródła energii wybrać? Należy wziąć pod uwagę wszystkie technologie, mając na względzie, żeby wynikowa cena energii była jak najniższa, gdyż bez taniej energii polska gospodarka nie będzie mogła się rozwijać. To kryterium jest ważne, ale nie jedyne. Koniecznością naszych czasów są ochrona środowiska naturalnego oraz zrównoważony rozwój, a więc taki, w którym potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokojone bez umniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokojenie. Oznacza to również racjonalną gospodarkę nieodnawialnymi zasobami surowców, np. węgla. Rozpoczęto budowę nowych bloków zasilanych węglem w Elektrowni Opolo oraz w Elektrowni Koźminec, planuje się budowę elektrowni atomowej na polskim wybrzeżu Bałtyku. Powinniśmy również pamiętać o rozwoju sieci pod kątem przyłączenia do systemu nowych mocy OZE.

Zapewnienie stabilnych dostaw energii wymaga rozbudowy systemu sieci przesyłowej, dlatego program rozbudowy systemu przesyłowego uwzględnia wiele nowych inwestycji [7]. Do 2025 roku PSE S.A. zamierza wybudować w całej Polsce

### Cele Europejskiej Polityki Energetycznej

Unia Europejska ma uprawnienia i narzędzia niezbędne do wdrażania polityki energetycznej, aby:

- zagwarantować dostawy energii dla Europy,
- zapewnić, że ceny energii nie będą stanowiły hamulca dla konkurencyjności Europy,
- chronić środowisko, a w szczególności zapobiegać zmianie klimatu,
- rozwijać sieci energetyczne.

Państwa członkowskie mogą rozwijać wybrane przez siebie źródła energii. Muszą jednak uwzględniać europejskie cele związane z odnawialnymi źródłami energii.

około 4600 km nowych linii 400 kV kosztem około 21 mld zł. Plany te zakładają również budowę lub rozbudowę 38 stacji elektroenergetycznych oraz modernizację 2 500 km istniejących linii 400 i 220 kV. Inwestycje te przedstawiono na mapie na rys. 6. Porównując je ze stanem istniejącym, przedstawionym na rys. 4, zauważymy, że znaczącą część inwestycji zaplanowano w północnej części Polski. Uwagę zwraca pierścieniowa konfiguracja projektowanych i istniejących sieci, która zapewnia dużą pewność dostaw energii. W razie niedoboru mocy w danym rejonie kraju energię będzie można dostarczyć z innego kierunku.

Polska traktuje rozbudowę Krajowego Systemu Elektroenergetycznego jako zadanie o najwyższym priorytecie.

Działania te dobrze wpisują się w politykę energetyczną Unii Europejskiej, której jednym z czterech filarów jest rozwój sieci elektroenergetycznych. W całej Europie w ciągu najbliższych 10 lat konieczne będą ogromne nakłady na modernizację i rozbudowę sieci przesyłowych, które szacuje się na kwoty rzędu biliona euro [8]. Priorytetem jest likwidacja regionów odosobnienia energetycznego, co będzie sprzyjać nie tylko rozwojowi handlu, ale też solidarności krajów europejskich w przypadku zachwiania równowagi między podażą a popytem na energię na obszarze Europy.

Elementem wdrażania tej polityki jest wybudowanie linii przesyłowej 400 kV między Ełkiem, a granicą z Litwą wraz z wieloma inwestycjami towarzyszącymi. Połączenie to stanowi tzw. most energetyczny Polska-Litwa i ma zagwarantować stabilność dostaw prądu z Polski na Litwę i z Litwy do Polski, a tym samym zwiększyć bezpieczeństwo energetyczne wschodniej części Unii Europejskiej. Inwestycje te przyczynią się również do zwiększenia możliwości i niezawodności dostaw energii w północno-wschodniej Polsce, głównie w województwach podlaskim i warmińsko-mazurskim. Jest to połączenie o szerokim znaczeniu strategicznym, gdyż umożliwia ono nie tylko poprawę bezpieczeństwa dostaw energii dla naszych wschodnich sąsiadów, ale domknie też tzw.

pierścień bałtycki, czyli układ połączeń elektroenergetycznych wokół Bałtyku.

W ciągu następnej dekady Krajowy System Elektroenergetyczny zostanie znacząco rozbudowany. Przewiduje się budowę nowych mocy wytwórczych, zarówno opartych na węglu, jak i na paliwie jądrowym. Intensywnie też będą rozwijać się OZE, najpierw w postaci lądowych farm wiatrowych, a w niedalekiej przyszłości również w postaci morskich farm wiatrowych oraz elektrowni fotowoltaicznych. Rozwiną się także *biogazownie*, wykorzystujące do produkcji energii elektrycznej gaz wytwarzany z fermentacji *biomasy*. Potrzebną nam energię nauczymy się również produkować w naszych gospodarstwach domowych. Do tego celu będą nam służyć domowe *elektrownie wiatrowe* i panele *fotowoltaiczne*. Będziemy jednocześnie producentami i konsumentami tej energii – czyli *prosumentami*.

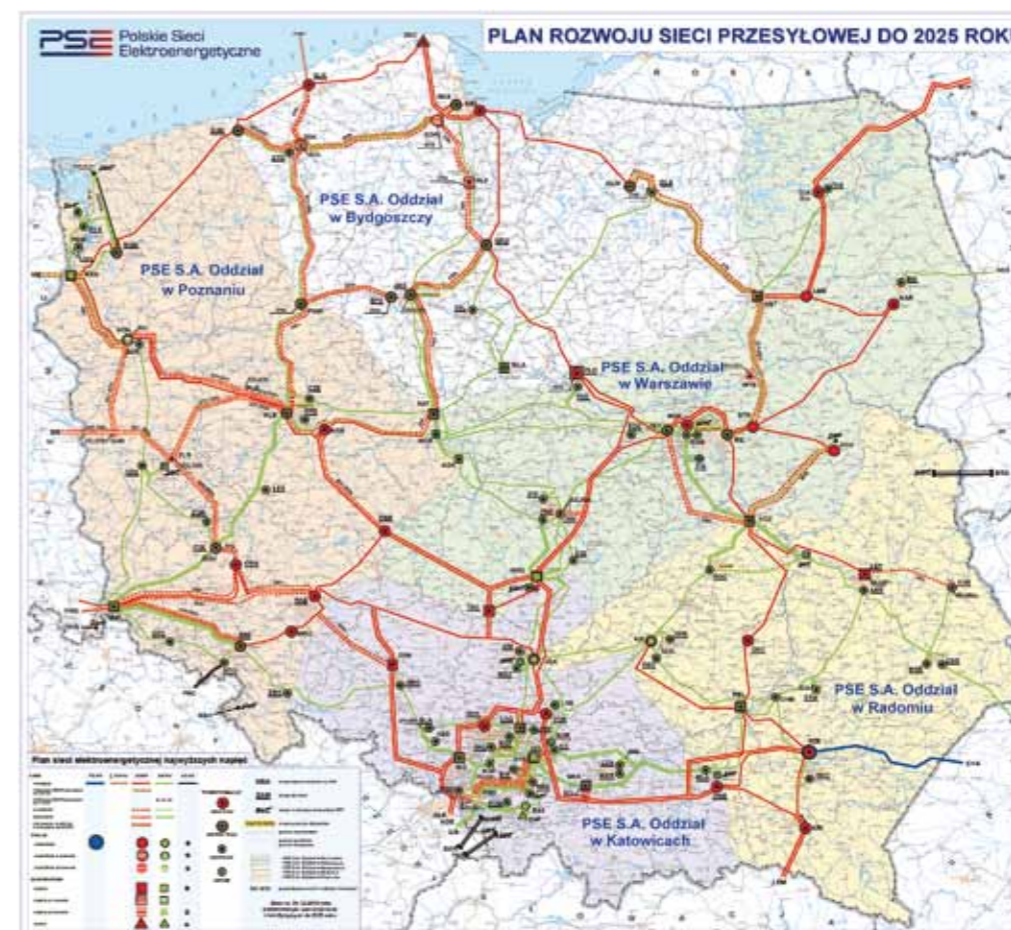
Wiele rozproszonych źródeł energii oraz pozyskiwanie energii z OZE (uzależnionej od warunków atmosferycznych wiatru/słońca) wymagają rozbudowy sieci elektroenergetycznej, ale i stwarzają konieczność rozwoju nowoczesnego systemu pozwalającego na łączenie sieci i optymalne sterowanie nią oraz magazynowanie energii, tzw. inteligentnych sieci elektroenergetycznych (ISE, ang. smart grid).

Powołana przez Komisję Europejską grupa zadaniowa ds. inteligentnych sieci definiuje inteligentne sieci elektroenergetyczne jako te, które są w stanie integrować zachowanie i działanie wszystkich podłączonych do nich użytkowników, zarówno wytwórców, jak i konsumentów. Ma to na celu stworzenie oszczędnego pod względem gospodarczym i zgodnego z zasadami zrównoważonego rozwoju systemu elektroenergetycznego charakteryzującego się niskim poziomem strat energii oraz wysoką jakością i bezpieczeństwem jej dostaw.

**Krajowy System Elektroenergetyczny jest złożonym systemem obejmującym elektrownie, sieć przesyłową i sieci dystrybucyjne, a także odbiorców energii. Jest on zarządzany centralnie przez Krajową Dyspozycję Mocy.**

*W ciągu następnej dekady planuje się istotny rozwój tego systemu poprzez zastąpienie zużytych mocy wytwórczych nowymi oraz rozbudowanie sieci przesyłowej w stopniu zapewniającym bezpieczeństwo dostaw energii wszystkim regionom naszego kraju. Plany rozwoju KSE przewidują stworzenie*

*warunków rozwoju OZE i takiego sterowania systemem, który uwzględnił będzie niestabilność dostaw energii pochodzącej z tych źródeł. Wdrożenie inteligentnych sieci elektroenergetycznych ułatwi mikrogenerację energii przez indywidualnych użytkowników.*



Rysunek 6. Plan rozwoju sieci przesyłowej do 2025 roku.  
Źródło: PSE S.A.

## Jak odbywa się przesyłanie energii elektrycznej?

Na początek przypomnijmy sobie podstawy wiedzy o prądzie elektrycznym. Moc prądu jest to iloczyn jego napięcia i natężenia. Mamy klasyczną żarówkę o mocy 100 W, a w domowym gniazdku napięcie 230 V, więc gdy ją włączymy, przez żarnik żarówki popłynie prąd o natężeniu  $100\text{ W} / 230\text{ V} = 0,43\text{ A}$ . To właśnie prąd o takim natężeniu spowoduje rozjarzenie się żarnika, dzięki czemu mamy światło.

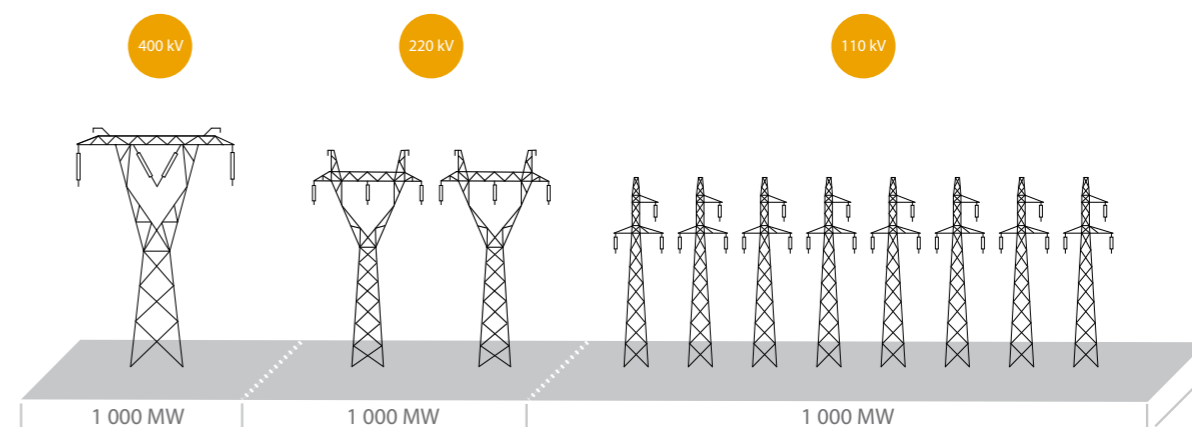
Dodatkowym efektem jest nagrzewanie się żarówki. Cienutki drucik żarnika ma duży opór i wytwarza tyle ciepła, że już po minucie nie można dotknąć szklanej bańki żarówki. Wytworzone w ten sposób ciepło należy traktować jako stratę energii, bo przecież nie po to zapalamy światło, by ogrzać pokój. Ilość energii zużytej przez żarówkę zależy od tego, jak długo pozostanie ona zapalona. Każda godzina to zużyte 100 Wh (watogodzin) energii lub 0,1 kWh (kilowatogodzin), co dokładnie rejestruje licznik zainstalowany nam przez zakład energetyczny. Warto zatem wymienić taką żarówkę na żarówkę energooszczędną, która da tyle samo światła, a jej moc to zaledwie 16 W. Zaoszczędzimy w ten sposób 84% energii.

Większość urządzeń zasilana jest energią elektryczną o napięciu 230 V lub jeśli są to urządzenia trójfazowe – napięciem o wartości 400 V. Przesyłanie energii elektrycznej z elektrowni do odbiorcy na większe odległości wykorzystując niskie napięcie nie jest możliwe, ponieważ *straty energii* byłyby zbyt duże. Aby zmniejszyć straty, można by zastosować przewody o większym przekroju, ponieważ im przekrój przewodu jest większy, tym mniejszy jest jego opór elektryczny. Należy mieć jednak na uwadze, że już kabel doprowadzający energię elektryczną do domku jednorodzinny ma grubość 2–3 cm. Łatwo sobie zatem wyobrazić, ile takich kabli trzeba by było położyć, by zasilić w energię elektryczną nawet

niewielkie miasto. Straty energii w takim przesyśle byłyby zresztą nadal ogromne i sięgałyby kilkudziesięciu procent. Aby możliwe było udostępnienie odbiorcom energii o odpowiedniej mocy przy niskim natężeniu przepływającego prądu, trzeba zwiększyć jego napięcie, jak bowiem pamiętamy, moc prądu jest iloczynem jego napięcia i natężenia.

Ilość energii elektrycznej, która jest bezpowrotnie tracona w przewodach elektrycznych, zależy od kwadratu natężenia prądu płynącego w tych przewodach. Im większe natężenie prądu, tym szybciej rosną straty. Jeżeli chcemy przesyłać więcej energii elektrycznej i do tego na większe odległości, a jednocześnie chcemy uniknąć wzrostu strat energii, musimy do tego celu wykorzystać wyższe napięcia.

Ta sama moc prądu elektrycznego udostępniona odbiorcom linią energetyczną o napięciu 400 000 V (400 kV) pozwala na przepływy prądu o natężeniu wynoszącym „zaledwie” ponad 2 000 A. Straty energii wynoszą wówczas tylko około 2%. Możliwości przesyłowe linii elektroenergetycznych, tj. moc, jaką można daną linią przesłać, są zależne od tzw. napięcia znamionowego linii. Różnice takich możliwości przesyłowych są znaczne. Dla przykładu – moc 1 000 MW można przesłać odbiorcom jedną linią o napięciu 400 kV. Aby udostępnić taką samą moc przy pomocy linii elektroenergetycznych o napięciu 220 kV, będziemy musieli korzystać już z dwóch linii o napięciu 220 kV lub ośmiu linii o napięciu 110 kV (zob. rys. 7). Możliwości przesyłowe linii elektroenergetycznej wyznacza się na takim poziomie, by przekroje przewodów linii wysokich i najwyższych napięć gwarantowały na tyle małe natężenia przepływu prądu, by utrzymać *straty energii* związane z nagrzewaniem się tych przewodów na najmniejszym poziomie.



Rysunek 7. Zależność możliwości przesyłowych linii elektroenergetycznych od ich napięcia.

### Konstrukcja linii przesyłowej

Aby uniknąć nadmiernych strat energii, musi ona być przesyłana liniami elektroenergetycznymi o napięciu kilkuset tysięcy voltów. Przewody linii przesyłowej są dobrze *izolowane* przez otaczające je powietrze. Wystarczy zatem podwiesić je na odpowiednio dużej wysokości, aby zapobiec porażeniu ludzi i zwierząt. Im wyższe napięcie linii przesyłowej, tym wysokość zawieszenia przewodów większa. Jednocześnie *słupy wsporcze*, na których jest zawieszona linia przesyłowa, muszą być wyższe.

Na całym świecie prawie wszystkie linie elektroenergetyczne najwyższych napięć buduje się w postaci linii napowietrznych. Rozwiązania z wykorzystaniem linii kablowych stosuje się w miastach, gdzie z uwagi na gęstość zabudowy i rozwiniętą infrastrukturę komunikacyjną brakuje możliwości wygospodarowania miejsca na poprowadzenie *napowietrznej linii elektroenergetycznej*.

W Polsce *kablowe linie elektroenergetyczne* są powszechnie stosowane w miastach do rozprządzenia energii sieciami rozdzielczymi 110 kV lub niższych napięć.

Zupełnie inaczej jest z liniami najwyższych napięć. Przypadki budowy takich linii jako linii kablowych są bardzo rzadkie – w Polsce mamy jedynie dwa odcinki linii kablowych 220 kV. Linie zainstalowane dotychczas to stosunkowo krótkie odcinki w miastach i w pobliżu lotnisk, o długości od kilkuset metrów do nieco ponad kilometra [9]. Rozwijająca się technologia, jak i uwarunkowania terenowe związane z zasilaniem dużych aglomeracji miejskich i terenów przemysłowych niewątpliwie będą sprzyjały częstszemu powstawaniu linii kablowych najwyższych napięć. Jednak w ciągu najbliższych dekad to linie napowietrzne pozostaną dominującym sposobem przesyłu energii w terenie otwartym.

Typowe napowietrzne linie elektroenergetyczne to słupy, najczęściej o *konstrukcji kratownicowej*, oraz wiodące prąd przewody znajdujące się pod wysokim napięciem. Przewody są zawieszane na przymocowanych do słupów izolatorach.

Nowe linie przesyłowe są obecnie niejednokrotnie budowane z wykorzystaniem *słupów rurowych*.

Wszystkie jednotorowe linie elektroenergetyczne wysokiego i najwyższych napięć mają po trzy przewody fazowe, analogicznie do linii niskiego napięcia doprowadzających prąd do naszych domów. Niektóre z linii przesyłowych buduje się jako linie dwutorowe. Pozwalają one na wykorzystanie słupów do podwieszenia drugiego kompletu przewodów, co umożliwia przesył dwukrotnie większej energii przy wykorzystaniu tego samego pasa terenu.

Odpowiednia konstrukcja słupów pozwala podwieszać więcej torów linii przesyłowych i to o różnych poziomach napięcia.

Linie o napięciu 400 kV są wyposażone w przewody wiązkowe. Przewody wiązkowe to przewody fazowe składające się z połączonych elektrycznie między sobą pojedynczych przewodów. Najczęściej stosuje się przewody wiązkowe składające się z dwóch lub trzech przewodów, aby zmniejszyć natężenie pola elektrycznego występującego w bliskiej odległości od znajdujących się pod wysokim napięciem przewodów linii elektroenergetycznej. Różnica odległości przewodu od ziemi pomiędzy miejscami jego mocowania do izolatorów, a najmniejszą odległością tego przewodu od ziemi (na ogół jest to odległość mierzona w połowie odległości pomiędzy słupami linii) nazywana jest *zwisem*. Zwis przewodu jest zależny przede wszystkim od temperatury przewodu (im jest ona wyższa, tym większy jest *zwis przewodu*) oraz długości danego przęsła. Linie elektroenergetyczne projektuje się tak, aby wystąpienie największego *zwisu przewodu* nie spowodowało nadmiernego zbliżenia przewodu do ziemi. Minimalna odległość od ziemi przewodu linii 110 kV wynosi ok. 6 m, linii 220 kV – ok. 7 m, zaś linii 400 kV – ok. 8 m.

Powyżej przewodów fazowych linii zawieszane są przewody odgromowe. Przewody odgromowe stanowią zabezpieczenie przewodów fazowych przed wyładowaniami atmosferycznymi. Warto wspomnieć, że czasem przewody odgromowe zintegrowane są z linią telekomunikacyjną służącą do przesyłania informacji cyfrowej, np. do układów automatycznego sterowania na stacjach

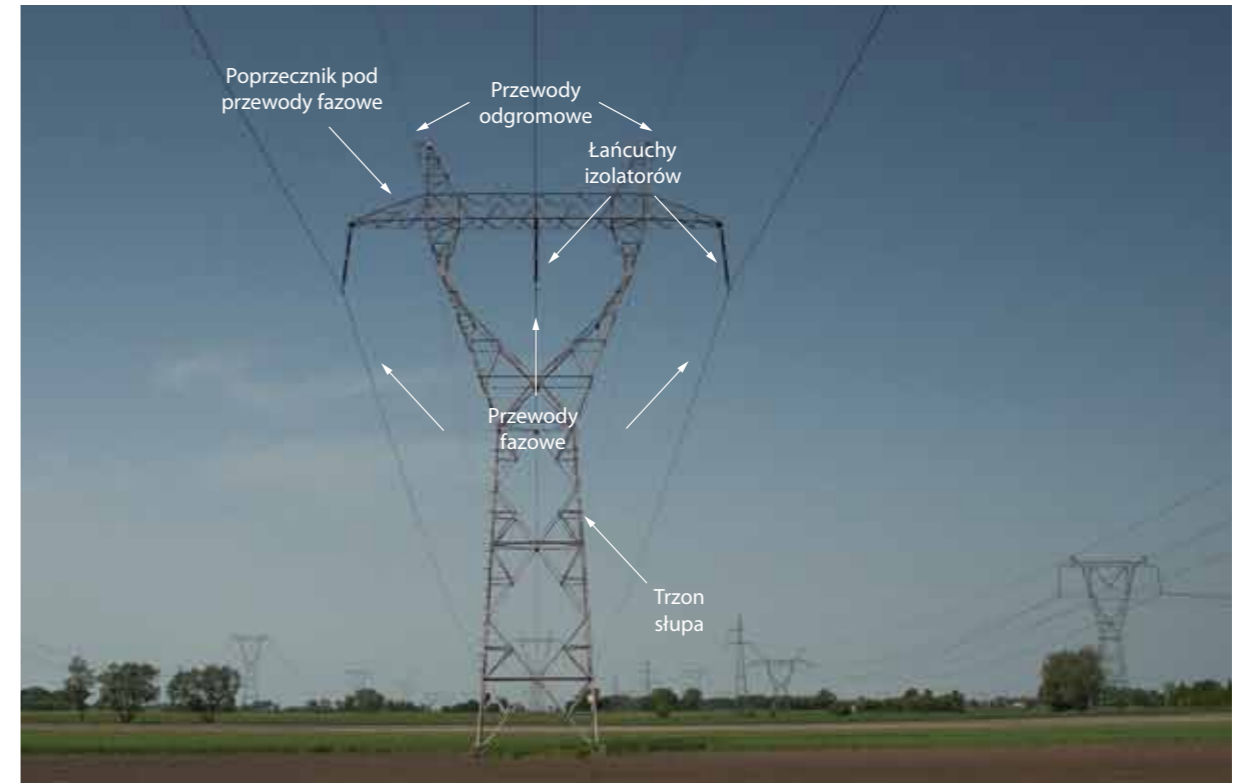
elektroenergetycznych. Wykorzystuje się do tego celu przewody OPGW (ang. Optical Ground Wire) ze światłowodami umieszczonymi wewnątrz tych przewodów.

Linie wielotorowe i wielonapięciowe są projektowane i budowane po to, aby możliwe było optymalne wykorzystanie „korytarzy” nowych linii elektroenergetycznych. Dzięki wykorzystaniu dodatkowych torów linii możliwe jest, jak już wspomniano, zwiększenie zdolności przesyłowych danej linii elektroenergetycznej.

Wadą linii wielonapięciowych jest ich skomplikowana konstrukcja utrudniająca dostęp do elementów linii w przypadku konieczności wykonania prac konserwacyjnych lub podczas usuwania skutków awarii. Z kolei ich zaletą jest możliwość wykorzystania pojedynczego pasa terenu do przesyłania większej ilości energii elektrycznej niż w przypadku linii jednotorowych pracujących pod tym samym napięciem.

Na rys. 8, 9, 10 przedstawiono przykładowe ilustracje i fotografie kilku konstrukcji słupów wspierających jedno- i wielotorowych.

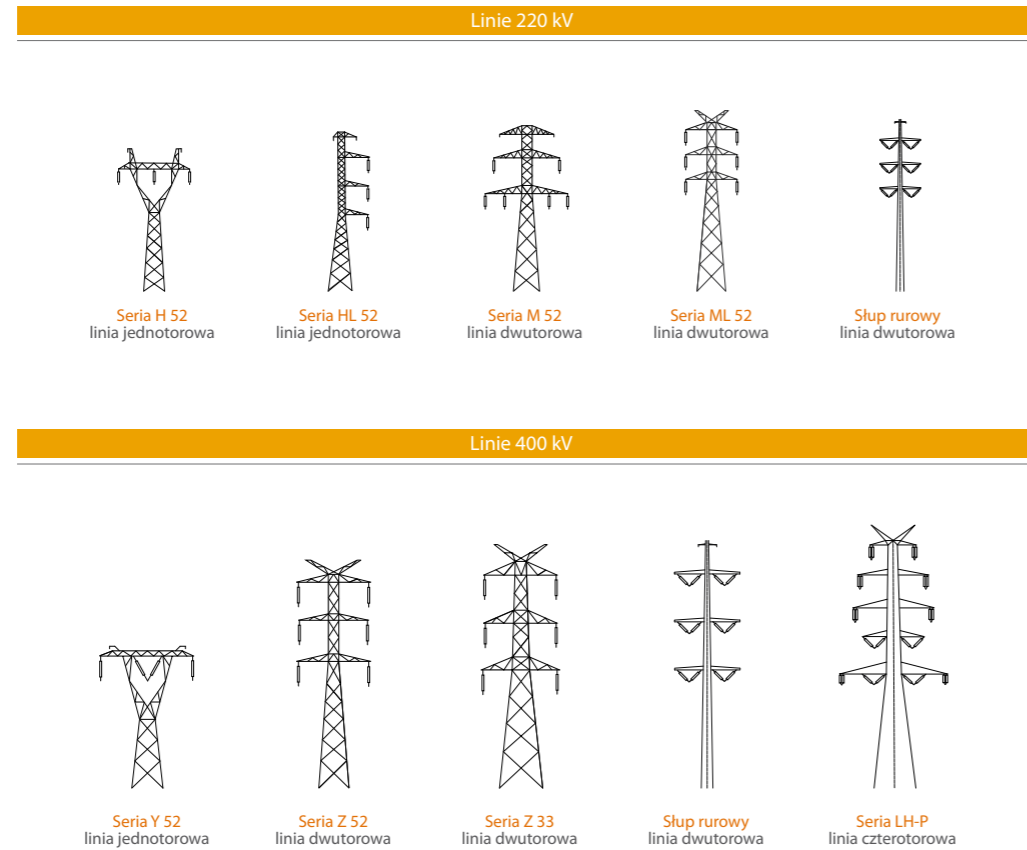
Możliwe jest także przebudowywanie istniejących linii elektroenergetycznych w taki sposób, aby można było zwiększyć ich zdolności przesyłowe oraz ograniczyć straty energii elektrycznej. Przebudowy mogą polegać na wymianie przewodów linii na przewody nowej generacji, pozwalające na używanie prądów o większych natężeniach przy zachowaniu dotychczasowych *zwisów przewodów*.



Rysunek 8. Widok słupa jednotorowej linii elektroenergetycznej 400 kV zawieszanej na słupach Y52.



Rysunek 9. Widok dwunapięciowej linii elektroenergetycznej 400/220 kV.



Rysunek 10. Sylwetki typowych słupów przelotowych stosowanych w krajowych liniach napowietrznych 400 i 220 kV oraz sylwetka prototypowego słupa czterotorowego (400 kV + 220 kV).

## Budowa stacji elektroenergetycznych

Problem zmiany napięć w sieciach elektroenergetycznych został praktycznie rozwiązany na przełomie XIX i XX wieku dzięki wynalezieniu transformatorów i zastosowaniu prądu przemiennego. Twórcą pierwszego w Europie trójfazowego systemu przesyłowego prądu przemiennego był nasz rodak Michał Doliwo-Dobrowolski, który w 1891 roku zbudował system umożliwiający przesłanie energii elektrycznej na odległość 175 km [10].

W jednym z wcześniejszych rozdziałów wspomniano o ważnej roli, jaką we współczesnym systemie przesyłowym pełnią stacje elektroenergetyczne. Są to węzły sieci elektroenergetycznej, których zadaniem jest transformacja i dystrybucja energii elektrycznej. Większość z nich wyposażona jest w transformatory mocy, które umożliwiają zmianę napięcia sieci. Urządzenia na stacji umożliwiają operatorom przełączenie zasilania z różnych linii elektroenergetycznych

dochodzących do stacji i wychodzących z niej, a w wielu z nich do zasilania sieci dystrybucyjnych. Znajdują się tam również układy elektroenergetycznej automatyki zabezpieczającej, które pełnią analogiczną rolę do bezpieczników w domowych instalacjach elektrycznych. Urządzenia instalowane na budowanych lub przebudowywanych stacjach elektroenergetycznych są zaawansowane technologicznie. Przykładem jednej z nowoczesnych stacji elektroenergetycznych jest stacja Ołtarzew usytuowana na zachód od Warszawy (zob. rys. 12).

Omawiając plany rozwoju Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, wspomniano o odnawialnych źródłach energii, których rozwój

przewiduje się w ciągu najbliższych kilkunastu lat. Współczesne elektrownie wiatrowe wyposaża się w generatory wytwarzające prąd elektryczny o mocy od 2 do 7 MW o napięciu od 690 do ponad 3 300 V. Farmy wiatrowe wyposażone w kilka lub nawet kilkadziesiąt takich elektrowni mogą udostępniać moce rzędu kilkadziesiąt MW lub nawet, w przypadku duńskich czy brytyjskich morskich farm wiatrowych, ponad 200 MW. Aby możliwe było doprowadzenie energii elektrycznej wytwarzanej przez OZE (m.in. wiatraki) do Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, konieczna jest budowa nowych stacji wysokich napięć oraz rozbudowa stacji najwyższych napięć. Integracja różnych źródeł energii elektrycznej jest przedstawiona rys. 11.



Rysunek 11. Integracja różnych źródeł energii elektrycznej w systemie elektroenergetycznym.



Rysunek 12. Stacja elektroenergetyczna 400/220/110 kV Oltarzew.



Rysunek 13. Widok ulicy małego miasta z napowietrznymi liniami niskiego napięcia oraz przyłączami domowymi.

## Budowa sieci rozdzielczych

Elektroenergetyczne sieci rozdzielcze to połączone pomiędzy sobą napowietrzne i kablowe linie elektroenergetyczne, stacje transformatorowo-rozdzielcze wraz z infrastrukturą towarzyszącą, które umożliwiają doprowadzenie energii elektrycznej bezpośrednio do jej odbiorców.

Jak już wspomniano, energia elektryczna wytworzona w elektrowniach jest przekazywana do Krajowej Sieci Przesyłowej, którą tworzą linie oraz stacje elektroenergetyczne najwyższych napięć. Linie elektroenergetyczne o napięciu 110 kV, czyli linie wysokiego napięcia, służą do przesyłania energii elektrycznej z większych stacji elektroenergetycznych do

mniejszych, stanowiących główne punkty zasilania (GPZ). W stacjach tych dzięki zastosowaniu transformatorów następuje obniżenie napięcia, najczęściej do poziomu 20 kV lub 15 kV. Linie wiodące prąd o takim napięciu są nazywane liniami średniego napięcia i są budowane jako linie napowietrzne lub podziemne – kablowe. Kolejnym „piętrzem” sieci elektroenergetycznej są stacje transformatorowo-rozdzielcze, w których następuje dalsze obniżenie napięcia – do takiego, pod jakim prąd elektryczny jest dostarczany do naszych domów (zob. rys. 13). Jest to napięcie 400 V i 230 V. Linie o takich napięciach są nazywane liniami niskiego napięcia. Do wszystkich budynków mieszkalnych, domów i mieszkań

doprowadzone są linie napowietrzne lub kablowe o niskim napięciu. Instalacje domowe są przyłączane do sieci zasilającej poprzez przyłącze kablowe lub napowietrzne oraz urządzenia zabezpieczające. Zasadniczym celem stosowania tych zabezpieczeń jest zapewnienie użytkownikom instalacji elektrycznych pełnej ochrony przed porażeniem prądem. Drugim celem stosowania zabezpieczeń jest zapewnienie właściwego działania instalacji elektrycznych poprzez uniemożliwienie ich nadmiernego obciążenia na skutek podłączenia zbyt wielu odbiorników energii. Częścią wyposażenia połączeń elektrycznych instalacji domowych z siecią są również liczniki zużycia energii elektrycznej.

**Udostępnienie energii o dużej mocy odbiorcom możliwe jest jedynie za pomocą napowietrznych linii przesyłowych najwyższych napięć. System przesyłowy, na który składają się linie najwyższych napięć oraz stacje elektroenergetyczne, projektuje się, mając na uwadze bezpieczeństwo ludzi i środowiska oraz starając się ograniczać wielkość zajmowanego terenu. Sprzyja temu stosowanie przez projektantów zaawansowanych technologii, które pozwalają na spełnianie przez system przesyłowy wszystkich funkcji nowoczesnego systemu elektroenergetycznego, w tym optymalizację sieci rozdzielczych oraz przyłączanie OZE.**

## Pola w otoczeniu linii elektroenergetycznych

Wiemy już, że linie najwyższych i wysokich napięć, podobnie jak i pozostałe linie elektroenergetyczne, czy to napowietrzne, czy też podziemne, to nic innego jak przewody elektryczne, którymi płynie prąd. Są one izolowane od otoczenia, a przepływający nimi prąd może być prądem stałym lub prądem zmiennym. Bez względu na rodzaj płynącego prądu można go scharakteryzować dwiema głównymi

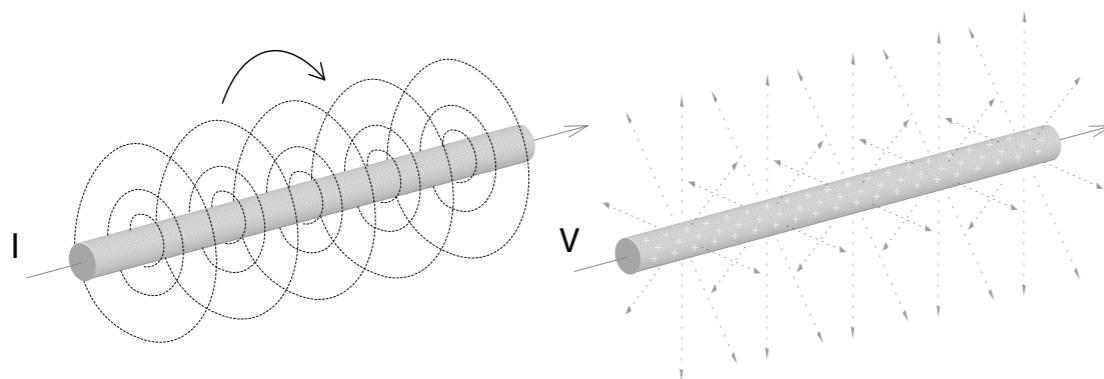
wielkościami: napięciem i natężeniem. Prąd prądowi dodatkowo charakteryzuje się jeszcze częstotliwością. W otoczeniu każdego przewodnika, a takim jest przewód linii elektroenergetycznej, przez który przepływa prąd elektryczny, występują *pole elektryczne* i *pole magnetyczne*. Definicje pola elektrycznego i magnetycznego podano na końcu publikacji.

### Pole elektryczne i magnetyczne

W naszym życiu codziennym jesteśmy otoczeni urządzeniami zasilanymi elektrycznie, dlatego właściwie przez cały czas znajdujemy się w zasięgu oddziaływań zarówno pola elektrycznego, jak i magnetycznego. Są one emitowane zarówno przez telewizor, pralkę automatyczną, komputer, wiertarkę, koc elektryczny, telefon komórkowy, lampę, odkurzacza, jak i wiele innych urządzeń codziennego użytku. Fale radiowe i telewizyjne emitowane przez anteny nadawcze to również *pole elektromagnetyczne*.

Nawet głaskanie sierści zwierząt i czesanie włosów wytwarzają *pole elektryczne*.

Działanie pola magnetycznego można wyjaśnić na przykładzie działania kompasu. Kompas to namagnesowana igła umieszczona na osi, tak by mogła się swobodnie obracać. Igła kompasu ustawia się zawsze końcem wskazującym w kierunku północy, a jej przeciwny koniec wskazuje południe. Nasza planeta jest olbrzymim magnesem, dlatego



Rysunek 14. Linie sił pola magnetycznego dookoła przewodu, przez który przepływa prąd.

Rysunek 15. Pole elektryczne dookoła przewodu pod napięciem, naładowanego ładunkami dodatnimi.

namagnesowane przedmioty, jeżeli mają taką możliwość, ustawiają się zgodnie z kierunkiem sił pola ziemskiego, magnesu<sup>1</sup>.

Dookoła przewodu, przez który przepływa prąd stały, również tworzy się *pole magnetyczne*. Nie jest ono widoczne, ale możemy zaobserwować jego istnienie za pomocą kompasu. Jeżeli przez przewód przepływać będzie prąd stały i umieścimy tuż nad nim kompas, to jeśli ten przewód będzie dostatecznie długi, igła kompasu ustawi się prostopadle do tego przewodu. Jeśli zamienilibyśmy kierunek przepływu prądu w przewodzie, stwierdzimy, że igła kompasu obróciła się o 180° i ustawiała się odwrotnie.

Powyższe wskazuje zatem, że *pole magnetyczne* ma zdolność wywierania sił na namagnesowane przedmioty, które ustawiają się wzdłuż linii sił tego pola. Rozkład pola magnetycznego przedstawiono na rys. 14, na którym widać wyraźnie, że są to koncentryczne okręgi, których osią jest przewód znajdujący się pod napięciem. Oddalenie kompasu od przewodu sprawia że jego igła nie ustawia się już prostopadle do niego a coraz bardziej orientuje się ku północy. Jest to spowodowane słabnięciem oddziaływania pola magnetycznego przewodu w stosunku do pola magnetycznego Ziemi, którego oddziaływanie zaczyna przeważać. Wielkość pola magnetycznego charakteryzuje jego natężenie, które jest proporcjonalne do natężenia prądu płynącego przez przewód i odwrotnie proporcjonalne do odległości od niego.

Wzór na natężenie pola magnetycznego przedstawia się następująco:

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

- I – natężenie prądu w przewodniku (A),
- r – odległość od środka przewodu – promień okręgu sił pola (m),
- H – natężenie pola magnetycznego (A/m).

Pole elektryczne kształtuje się wokół ładunków elektrycznych. W polu tym ładunki różnoimienne (dodatni z ujemnym) przyciągają się, a jednoimienne (np. dwa dodatnie) odpychają. Siły działające na te

<sup>1</sup>) Nie wszyscy pamiętają, że południowy biegun magnetyczny Ziemi znajduje się w pobliżu jej północnego bieguna geograficznego.

ładunki opisuje prawo Coulomba (czyt.: Kulomba). Natężenie pola elektrycznego dookoła przewodu pod napięciem zależy od gęstości ładunków elektrycznych, które gromadzą się na jego powierzchni (rys. 15) i wyraża się następującym wzorem:

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$

- $\lambda$  – gęstość liniowa ładunku (C/m) (kulomb na metr)
- r – odległość od środka przewodu (m),
- $\epsilon_0$  – przenikalność dielektryczna próżni równa  $8,854 \dots \cdot 10^{-12}$  F/m (farad na metr),
- E – natężenie pola elektrycznego (V/m).

Na kształt linii sił tego pola mają wpływ ładunki elektryczne innych obiektów znajdujących się w pobliżu, nawet obiektów, przez które nie przepływa prąd elektryczny, lub nieprzewodzących prądu.

Pole elektryczne również nie jest widoczne, dlatego najczęściej nie zdajemy sobie sprawy z tego, że bardzo często jesteśmy na nie eksponowani. *Pole magnetyczne* przenika ściany budynków i ciało ludzkie. *Pole elektryczne* również wnika w ciało człowieka. Jednak ładunki elektryczne gromadzą się na powierzchni naszego ciała. Dzieje się tak np. podczas czesania włosów plastikowymi szczotką czy grzebieniem lub czyszczenia suchą szmatką ekranu telewizora. Wówczas na powierzchni włosów czy też naszego ciała dochodzi do nagromadzenia ładunków elektrycznych, w wyniku czego ciało człowieka staje się źródłem pola elektrycznego. Można się o tym przekonać, zbliżając rękę do powierzchni metalowej, dochodzi wówczas do wyładowania elektrycznego, które wyrównuje ładunek elektryczny dodatni z ujemnym. Efekt ten jest dla człowieka słyszalny i odczuwalny.

Pole elektryczne występuje dookoła urządzeń i elementów zasilanych elektrycznie, a jego natężenie (E) jest proporcjonalne do wielkości napięcia i odwrotnie proporcjonalne do odległości od tych urządzeń. Na ładunek elektryczny znajdujący się w polu magnetycznym oddziałuje siła. Najczęściej mówimy o jednym polu elektromagnetycznym i o jego składowej elektrycznej (E) i składowej magnetycznej (H).



## Pole elektryczne i pole magnetyczne w otoczeniu linii elektroenergetycznych

W rzeczywistości kształt linii sił pola elektrycznego i magnetycznego w otoczeniu przewodów linii elektroenergetycznej jest dość skomplikowany, ponieważ przewodami fazowymi linii elektroenergetycznych płynie prąd przemienny o częstotliwości 50 Hz, zatem również i pola elektryczne oraz magnetyczne mają częstotliwość 50 Hz. Takie pola należą do zakresu pól skrajnie niskiej częstotliwości (ang. ELF – extremely low frequency). Pola elektromagnetyczne o częstotliwościach do  $8 \cdot 10^{14}$  Hz określa się mianem *promieniowania niejonizującego* i są to m.in. fale radiowe, mikrofały, promieniowanie podczerwone, światło widzialne oraz ultrafiolet.

Na słupach linii jednotorowej podwieszane są trzy przewody fazowe, na dwutorowej – sześć takich przewodów, a może być ich również więcej i to o różnym napięciu.

Rozkład pola elektrycznego i magnetycznego w otoczeniu linii elektroenergetycznej zależy od następujących czynników:

- napięcia i natężenia prądu płynącego w przewodach linii,
- rozmieszczenia przewodów linii w przestrzeni, zależnego od konstrukcji słupów, na których te przewody są zawieszane.

Dodatkowo rozkład pola elektrycznego w otoczeniu linii elektroenergetycznej zależy również od odległości przewodów linii od ziemi i obiektów znajdujących się w sąsiedztwie linii.

Wartości natężeń pola elektrycznego i magnetycznego są przedstawiane zazwyczaj w postaci charakterystyk – wykresów ilustrujących zależność wartości natężenia pola elektrycznego lub magnetycznego od odległości od osi linii elektroenergetycznej. Charakterystyki te wyznacza się wzdłuż linii prostych, prostopadłych do przewodów linii. Przy ich określaniu ważne jest wzięcie pod uwagę miejsc największego *zwisu przewodów* linii, ponieważ najczęściej właśnie w tych miejscach występują

największe natężenia pola elektrycznego i magnetycznego. Charakterystyki pola elektrycznego wyznacza się na wysokości 2 m nad poziomem terenu, zaś charakterystyki pola magnetycznego – na wysokości 0,3 m–2 m nad poziomem terenu [11].

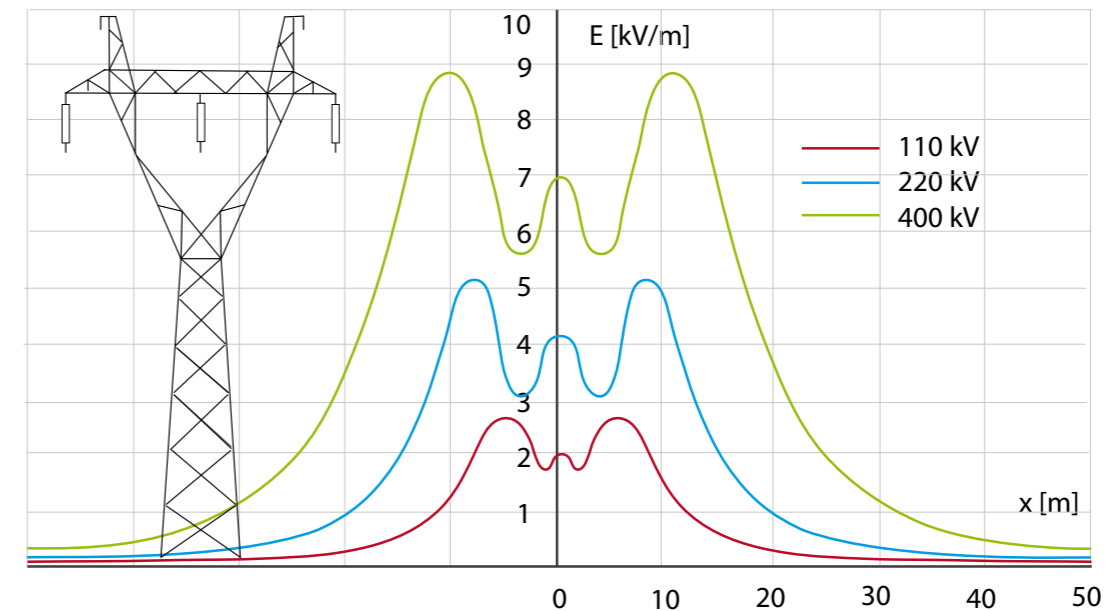
Na rys. 16 przedstawiono charakterystyki pola elektrycznego występującego w otoczeniu wybranych linii elektroenergetycznych wysokiego i najwyższego napięcia.

W tabeli 2 podano rozkłady natężenia pola elektrycznego przy zastosowaniu różnych przykładów linii przesyłowych.

Charakterystyki pola magnetycznego dla tych samych rodzajów linii co dla pola elektrycznego przedstawiono na rys. 17 i w tabeli 3. Największe natężenia pól elektrycznego i magnetycznego występują pod przewodami w miejscach, gdzie znajdują się one najbliżej ziemi, ale natężenie to szybko maleje wraz ze wzrostem odległości od linii elektroenergetycznych. Dla jednotorowej linii 400 kV maksymalne natężenie pola elektrycznego wynosi ok. 8,5 kV/m, a magnetycznego – ok. 53 A/m; wydaje się, że wartości 8 500 V i 53 A/m przy odległości jednego metra są bardzo wysokie, a jednak przy takich wartościach pól elektrycznego i magnetycznego przejechanie pod linią samochodem czy ciągnikiem nie powoduje efektów ubocznych dla człowieka. Dlaczego tak się dzieje, wyjaśnimy w następnym rozdziale.

Analizując tabele 3 i 4, zauważyć można, że natężenia pól elektrycznego i magnetycznego w otoczeniu dwutorowej linii 2x400 kV są mniejsze niż w otoczeniu linii jednotorowej o takim samym napięciu znamionowym. Zjawisko to jest dobrze znane energetykom i wynika z nakładania się na siebie pól elektromagnetycznych, których źródłami są poszczególne przewody takiej linii.

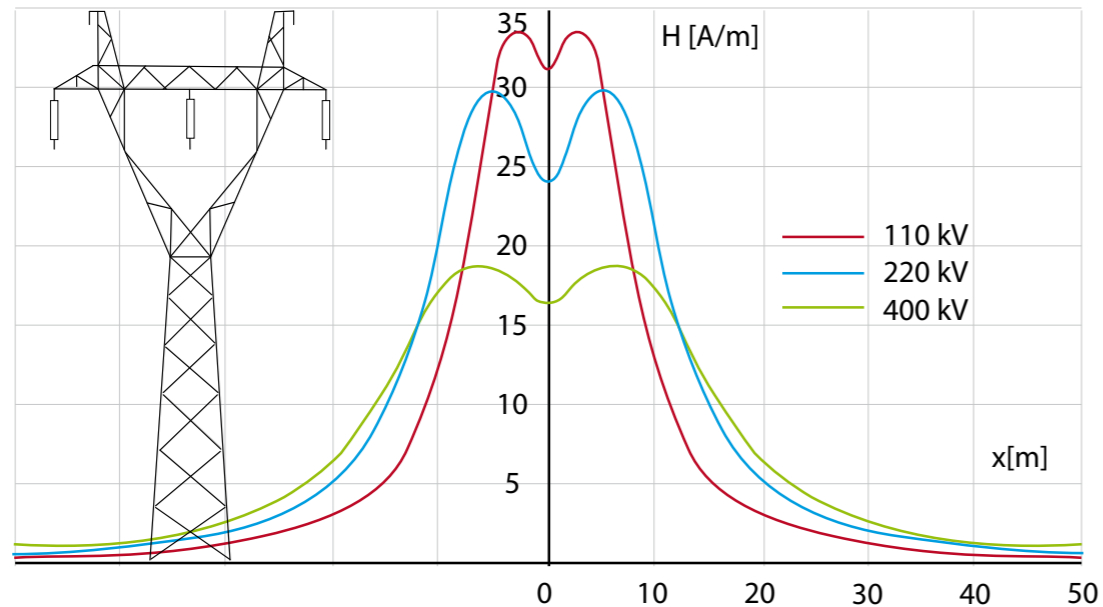
Największe wartości natężeń pól elektrycznego i magnetycznego w jakichkolwiek warunkach



Rysunek 16. Charakterystyki pola elektrycznego E (kV/m) w funkcji odległości x (m) od osi jednotorowych linii napowietrznych o napięciu 110, 220 i 400 kV, wyznaczone w miejscu największego zwisu przewodów [11], [12].

Rodzaj linii	Odległość od osi linii (m)							
	0	2	5	10	20	30	40	50
Linia dwutorowa 400 kV na słupach Z33	3,0	3,4	4,5	7,6	2,3	0,3	0,5	0,5
Linia jednotorowa 400 kV na słupach Y52	7,0	6,4	5,2	8,4	3,8	1,2	0,5	0,2
Linia dwutorowa 220 kV na słupach ML52	3,4	3,8	5,5	3	0,3	0,4	0,3	0,2
Linia jednotorowa 220 kV na słupach H52	5,0	4,2	4,4	5,2	1	0,3	0,2	0,1
Linia dwutorowa 110 kV na słupach O24	3,2	3,3	2,4	0,7		< 0,7		
Linia jednotorowa 110 kV na słupach S52	1,8	2,9	2,8	1,1		< 1,1		

Tabela 2. Natężenie pola elektrycznego E (kV/m) na wysokości 2 m nad ziemią w funkcji odległości od różnych rodzajów linii napowietrznych [11], [12].



Rysunek 17. Charakterystyki pola magnetycznego H (A/m) w odległości x (m) od osi jednorodnych linii napowietrznych o napięciu 110, 220 i 400 kV, wyznaczone w miejscu największego zwisu przewodów [11], [12].

Rodzaj linii	Odległość od osi linii (m)							
	0	2	5	10	20	30	40	50
Linia dwutorowa 400 kV na słupach Z33	5,0	6,0	13,0	25,0	19,0	9,5	5,5	3,8
Linia jednorodna 400 kV na słupach Y52	37,0	39,0	44,0	42,0	16,0	7,0	4,0	2,5
Linia dwutorowa 220 kV na słupach ML52	7,5	10,5	20,5	18,0	7,0	3,5	2,0	2,2
Linia jednorodna 220 kV na słupach H52	27,0	31,0	34,0	24,0	6,0	2,5	1,5	1,0
Linia dwutorowa 110 kV na słupach O24	12,5	13,5	13,0	7,5	3,0	1,2	0,8	< 0,8
Linia jednorodna 110 kV na słupach S52	28,0	27,0	20,5	9,0	2,5	1,0	0,8	< 0,8

Tabela 3. Natężenie pola magnetycznego H (A/m) na wysokości 2 m nad ziemią w funkcji odległości od różnych rodzajów linii napowietrznych [11], [12].

Rodzaj linii napowietrznej	Maksymalne natężenie pola elektrycznego kV/m	Maksymalne natężenie pola magnetycznego A/m	Maksymalna odległość od osi linii, gdzie może wystąpić natężenie pola elektrycznego 1 kV/m m
Linia dwutorowa 400 kV	9,9	31,4	25,7
Linia jednorodna 400 kV	8,5	43,3	34,0
Linia dwutorowa 220 kV	5,6	23,0	13,6
Linia jednorodna 220 kV	6,0	34,1	20,7

Tabela 4. Typowe natężenia maksymalne pól elektrycznego i magnetycznego oraz odległości od osi linii, w których nie należy lokalizować zabudowy mieszkaniowej, wyznaczone zgodnie z rozporządzeniem [11].

technicznych działania linii elektroenergetycznych nie mogą przekraczać wartości maksymalnych, w jakich może przebywać człowiek. Wartości te są określone w rozporządzeniu [11] i wynoszą:

Maksymalne dopuszczalne natężenie pola elektrycznego w miejscach dostępnych dla ludności: 10 kV/m.

Maksymalne dopuszczalne natężenie pola magnetycznego w miejscach dostępnych dla ludności: 60 A/m.

Maksymalne dopuszczalne natężenie pola elektrycznego w miejscach, w których można lokalizować budynki mieszkalne: 1 kV/m.


Maksymalne dopuszczalne natężenie pola magnetycznego w miejscach, w których można lokalizować budynki mieszkalne: 60 A/m.

Z danych przytoczonych w tabeli 3 wynika, że natężenie pola magnetycznego 60 A/m nie jest przekraczane nawet blisko linii najwyższych napięć budowanych w Polsce. Podobnie jest z polem elektrycznym, linie przesyłowe są tak projektowane, by natężenie 10 kV/m również nie było przekroczone. Ograniczeniem wyznaczającym strefę zakazu lokalizacji

budynków mieszkalnych staje się wartość natężenia pola elektrycznego. Wartość ta zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa nie może przekraczać 1 kV/m.

W tabeli 4 podano typowe natężenia maksymalne pól elektrycznego i magnetycznego oraz odległości od osi linii, w których nie wolno lokalizować budynków mieszkalnych.

W przypadku mieszkania w odległości 50 m od osi linii jednorodnej 400 kV wg tabel 2 i 3 natężenie pola elektrycznego wyniesie ok. 0,2 kV/m, z kolei pola magnetycznego – ok. 2,9 A/m. Na co dzień w naszych gospodarstwach domowych stykamy się z polami elektromagnetycznymi o porównywalnych natężeniach, generowanymi przez użytkowane przez nas urządzenia. Natężenia pola elektrycznego i magnetycznego, jakie generują niektóre z powszechnie używanych urządzeń, przedstawiono w tabeli 5. Szczególnie wysokie wartości pola magnetycznego są generowane przez odkurzacze, koce elektryczne, wiertarki i telewizory kineskopowe. Natężenie pola elektrycznego innych urządzeń domowych jest z kolei bardzo różne, ponieważ wpływ na jego wartość mają inne urządzenia znajdujące się w otoczeniu.

Źródło	Częstotliwość pola	Składowa PEM	Natężenie składowej PEM (odległość od źródła)
Zasilacz transformatorowy małej mocy – „wtyczkowy” 	50 Hz	H	2 A/m – 15 cm
		H	0,25 A/m – 35 cm
Płyta grzejna ceramiczna 	50 Hz	H	4–6 A/m – 15 cm nad polem grzejnym
		H	< 0,8 A/m – 15 cm przed płytą grzejną
Odkurzacz 	50 Hz	H	5 A/m – 5 cm
		E	0,13 kV/m – 3 cm
Suszarka do włosów 	50 Hz	H	4 A/m – 10 cm
		E	0,8 kV/m – 10 cm
Maszynka do golenia 	50 Hz	H	12–1200 A/m – 3 cm
		E	0,7 kV/m – 3 cm
Płyta grzejna indukcyjna 	20–80 kHz	H	0,65–0,85 A/m – 15 cm nad polem grzejnym
Telewizor z kineskopem 29” 	15,5 kHz	H	0,35 A/m – 15 cm przed ekranem
		H	0,9 A/m – 15 cm nad obudową
		E	20–40 V/m – 15 cm przed ekranem








Źródło	Częstotliwość pola	Składowa PEM	Natężenie składowej PEM (odległość od źródła)
Telewizor LCD 32” 	33 kHz	E	<10V/m – w okolicy zasilacza impulsowego
Światłówka kompaktowa „energooszczędna” 	22–45 kHz	H	<0,02 A/m – 15 cm od obudowy
		E	20–30 V/m – 15 cm od obudowy
Pilot zdalnego sterowania zabawek 	27 MHz 40 MHz	E	3–5 V/m – 15 cm od anteny
Walkie-Talkie (moc znamionowa 0,5 W) 	446 MHz	E	10 V/m – 15 cm od anteny
		E	7 V/m – 20 cm od anteny
		E	1 V/m – 130 cm od anteny
Telefon DECT 	1,9 GHz	E	1 V/m – 15 cm od słuchawki
		E	4 V/m – 15 cm od bazy telefonu
Wi-Fi 	2,4 GHz	E	4 V/m – 15 cm od obudowy laptopa
		E	1V/m – wartość maksymalna wzdłuż osi ciała osoby korzystającej z laptopa
		E	5 V/m – 15 cm od anteny domowego routera Wi-Fi
		E	1 V/m – 50–70 cm od anteny domowego routera Wi-Fi
Kuchenka mikrofalowa (z wsadem 0,5 litra wody) 	2,45 GHz	E	5–10 V/m – 15 cm od obudowy kuchenki
		E	1 V/m – do 170 cm od obudowy kuchenki
		H	56 A/m – 15 cm od obudowy kuchenki
		H	0,25 A/m – do 150 cm od obudowy kuchenki

Tabela 5. Typowe natężenia składowej elektrycznej (E) i magnetycznej (H) pól elektromagnetycznych (PEM) generowanych przez urządzenia powszechnego użytku. Na podstawie [13].

## Pomiary i modelowanie pól elektromagnetycznych

Linie elektroenergetyczne są projektowane w taki sposób, by składowe elektryczna i magnetyczna kształtowały się na poziomach dopuszczalnych, określonych w przepisach prawa. Poziomy pole elektromagnetycznych przyjmowane są przy założeniu najmniej korzystnych warunków środowiskowych pracy linii, na które składają się największe obciążenie elektryczne i największy *zwis przewodów* linii.

Wartości natężeń pól elektrycznych i magnetycznych, jakie występują w otoczeniu linii elektroenergetycznych najwyższych napięć, można wyznaczać zarówno metodami obliczeniowymi, jak i pomiarowymi. Metody obliczeniowe stosuje się przede wszystkim podczas projektowania linii. Metody pomiarowe wykorzystuje się w celu sprawdzenia, jakie natężenia pola elektrycznego i magnetycznego występują w rzeczywistych warunkach. Pomiary kontrolne wykonuje się każdorazowo po wybudowaniu linii, a przed przekazaniem jej do eksploatacji oraz przy modernizacji linii, w przypadkach kiedy zakres prac modernizacyjnych związany jest ze zmianą wartości natężenia pola elektromagnetycznego. Oprócz tego pomiary kontrolne może wykonać wojewódzki inspektorat ochrony środowiska (WIOŚ), który sprawdza, czy są dotrzymane określone prawem poziomy natężenia tych pól.

Wykorzystanie metod obliczeniowych analitycznych wymaga uprzedniego uzyskania wielu danych technicznych, dotyczących zarówno samej linii elektroenergetycznej, która ma być budowana lub modernizowana, jak i terenu, na którym się ona znajduje lub w którym ma się znajdować. Programy komputerowe pozwalają na tworzenie w pełni przestrzennych modeli linii elektroenergetycznych i ich otoczenia. Wyniki obliczeń wykorzystywane są przy projektowaniu elementów konstrukcji linii elektroenergetycznej oraz umiejscowienia jej w terenie.

Pomiary pola elektrycznego i magnetycznego, występującego w danym miejscu w terenie, w otoczeniu linii elektroenergetycznych

wykonuje się z zastosowaniem przyrządów spełniających wymagania właściwych przepisów i norm technicznych.

Normatywy (przepisy i normy techniczne) określają nie tylko opisy wymagań, jakim powinny odpowiadać przyrządy pomiarowe, lecz także metody wykonywania samych pomiarów. Celem wprowadzenia i stosowania wszystkich tych normatywów jest uzyskanie wiarygodnych i powtarzalnych wyników pomiarów. Normatywy są stosowane przez wszystkie instytucje wykonujące pomiary pól elektrycznych i magnetycznych w otoczeniu linii elektroenergetycznych.

Pomiary poziomów pól elektromagnetycznych wytwarzanych przez instalacje elektroenergetyczne powinny być wykonywane przez laboratoria, które uzyskały akredytację Polskiego Centrum Akredytacji, będącą potwierdzeniem ich kompetencji pomiarowych oraz wiarygodności wykonanych przez nich pomiarów.

Dotychczasowe, wieloletnie doświadczenia wskazują na zgodność wartości pól elektrycznych i magnetycznych określanych metodami obliczeniowymi z wartościami uzyskiwanymi podczas prawidłowo wykonanych pomiarów w terenie. Umożliwia to wykorzystywanie obu tych metod do weryfikacji wartości natężeń pól występujących w otoczeniu napowietrznych linii elektroenergetycznych.

## Hałas i zaburzenia radioelektryczne

Przy wykonywaniu codziennych czynności niejednokrotnie doświadczamy miniwyładowań ładunku elektrycznego zebranego na powierzchni naszej skóry przy kontakcie z przedmiotem o ładunku mającym znak przeciwny, które dodatkowo jest dla nas słyszalne. Na elementach konstrukcji *stupów wsporczych* i na przewodach linii energetycznych w wyniku przepływu prądu elektrycznego również zbierają się znaczne ładunki. Są one na tyle duże, że mogą powodować występowanie wyładowań elektrycznych w ograniczonej przestrzeni, tj. w pobliżu przewodów linii i innych jej elementów będących pod napięciem. Wyładowania te są również słyszalne dla człowieka, zwłaszcza że występują bardzo licznie. Stojąc w pobliżu linii elektroenergetycznej, słyszymy je w postaci charakterystyczne mają ograniczony zasięg, występują jedynie na wysokich elementach konstrukcji linii będących pod napięciem. Wyładowania te nazywane są wyładowaniami niepełnymi lub też *ulotem*.

Występowanie i intensywność zjawiska wyładowań niepełnych, a zatem i *hałasu* tworzonego przez linię elektroenergetyczną zależą od natężenia pola elektrycznego, wilgotności powietrza oraz ciśnienia atmosferycznego. Natężenie pola elektrycznego zależy od tego, pod jakim napięciem znajdują się przewody i inne elementy linii elektroenergetycznej, oraz od ukształtowania tych przewodów i elementów. Intensyfikacji hałasu sprzyjają zjawiska atmosferyczne, takie jak mgła, mżawka i szadź.

Wyładowania niepełne, jak każde wyładowanie elektryczne, są źródłem fal radiowych o bardzo szerokim zakresie częstotliwości. Fale radiowe (pola elektromagnetyczne), które mogą zakłócać pracę odbiorników radiowych, telewizorów czy też innych urządzeń elektronicznych, nazywa się *zaburzeniami elektromagnetycznymi*. W czasach gdy najpowszechniej używanymi zakresami fal radiowych wykorzystywanych do słuchania audycji były fale długie i fale średnie – o częstotliwościach od stu kilkudziesięciu

kiloherców do ok. 1,5 MHz – występowanie wyładowań niepełnych w liniach elektroenergetycznych było sygnalizowane trzaskami słyszalnymi w odbiornikach radiowych.

Z kolei zakres fal ultrakrótkich od 87,5 do 108 MHz jest odporny na zakłócenia elektromagnetyczne, dlatego nadawanie audycji radiowych na falach ultrakrótkich rozpowszechniło się i przy wykorzystaniu nowych metod przesyłania dźwięków prawie całkowicie wyeliminowało problem zaburzeń radioelektrycznych, jakie mogły występować w otoczeniu linii elektroenergetycznych.

Obecnie powszechny już cyfrowy przekaz dźwięku, obrazu i informacji jest całkowicie niewrażliwy na zaburzenia radioelektryczne.

## Sposoby zmniejszania natężenia pola elektromagnetycznego, hałasu i ulotu

Wspomniano już, że jednym z czynników, od których zależy natężenie pola elektrycznego oraz magnetycznego, jakie występują w otoczeniu linii, jest odległość tych przewodów od ziemi czy znajdujących się na jej powierzchni budynków i budowli. Zmniejszenie poziomów natężeń pól elektrycznych i magnetycznych w otoczeniu istniejących linii można uzyskać poprzez podwyższenie słupów. Wieloletnie doświadczenie projektantów linii elektroenergetycznych wskazuje, że możliwe jest takie zaprojektowanie i wybudowanie linii, aby ze względu na emisję pola elektromagnetycznego nie stwarzała ona zagrożenia dla ludzi i środowiska.

Linie napowietrzne, które służą przesyłaniu energii elektrycznej torami o różnych napięciach, nazywane są liniami wielonapięciowymi. Linie takie projektuje się i buduje tak, aby przewody o niższych napięciach były prowadzone bliżej ziemi – bliżej miejsc dostępnych dla ludności. W efekcie stosowania takiej

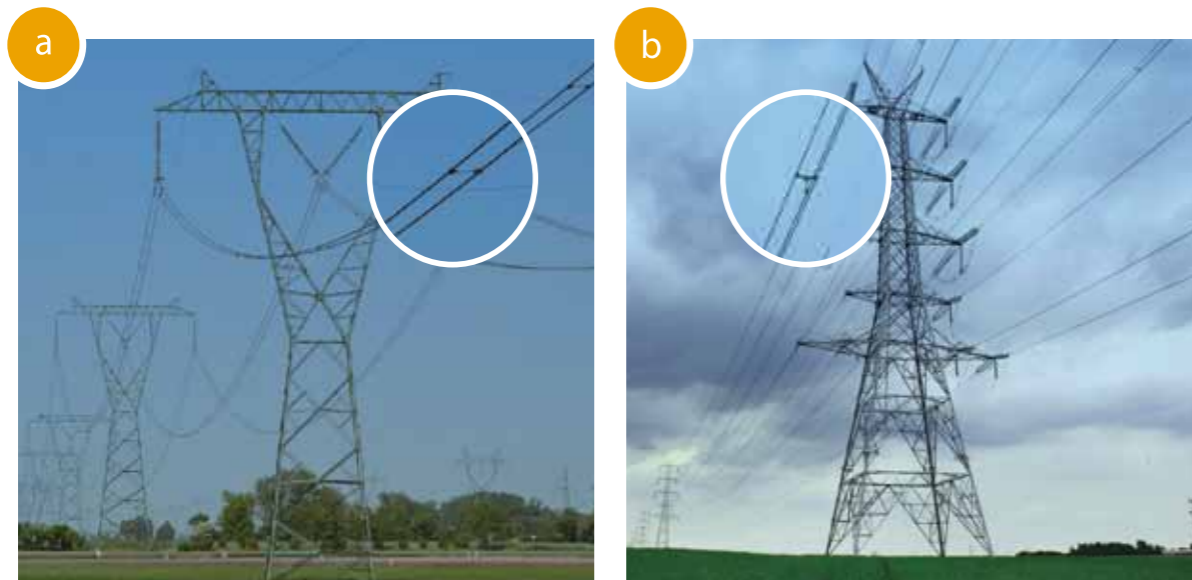
konfiguracji przewodów w miejscach dostępnych dla ludności, w otoczeniu linii wielonapięciowych, mogą występować pola elektryczne o znacząco niższych wartościach. Odpowiadają one wartościom charakterystycznym dla linii elektroenergetycznych o niższych napięciach znamionowych.

Zmniejszenie poziomu natężenia pola elektrycznego przy samych przewodach linii elektroenergetycznych i związanego z nim zjawiska ulotu (*wyładowań niezupełnych*) oraz hałasu uzyskuje się także poprzez zastosowanie wspomnianych w poprzednim rozdziale przewodów wiązkowych. Zamiast pojedynczego przewodu fazowego stosuje się najczęściej dwa lub trzy cieńsze przewody znajdujące się pod tym samym napięciem, połączone między sobą *odstępnikami* zapewniającymi odległość przewodów od siebie typowo 30–50 cm. Odstępniki tłumiące utrzymują przewody w stałej odległości od siebie, co wpływa na

ograniczenie ich drgania i tłumienie hałasu. Natężenie pola elektrycznego i związanego z nim ulotu oraz wielkość hałasu są tym mniejsze, im większa jest średnica znajdujących się pod napięciem przewodów, dlatego zastosowanie wiązki przewodów, których średnica zastępcza jest większa niż pojedynczego przewodu, jest korzystne dla ograniczenia wielkości powyższych zjawisk.

Zastosowanie przewodów wiązkowych pozwala zatem na zmniejszenie natężenia pola elektrycznego, redukując tym samym intensywność *wyładowań niezupełnych*, a co za tym idzie – zmniejsza poziomy hałas i zaburzeń radiowych (zob. rys. 18).

■ *W otoczeniu każdej linii elektroenergetycznej znajdującej się pod napięciem występują pola elektryczne i magnetyczne. Przyjmują one najwyższe natężenia pod przewodami linii elektroenergetycznej i szybko maleją wraz ze wzrostem odległości od tej linii. W odległości kilkudziesięciu metrów od osi linii przesyłowej najwyższych napięć wartości pola osiągają poziomy zbliżone do pól generowanych przez niektóre rodzaje urządzeń elektrycznych i elektronicznych, jakich używamy w naszych domach. Natężenia pola elektrycznego i magnetycznego można z dobrą dokładnością wyznaczyć dzięki metodom obliczeniowym oraz pomiarowym. Modernizowane lub nowo budowane linie przesyłowe są projektowane z uwzględnieniem obowiązujących przepisów prawnych, tak by zachowane zostały wymagane w przepisach dopuszczalne poziomy emisji pola elektromagnetycznego.*



Rysunek 18. Widok wiązkowych przewodów linii elektroenergetycznej o napięciu 400 kV; a) wiązka dwuprzewodowa, b) wiązka trójprzewodowa.



# Oddziaływanie linii elektroenergetycznych na zdrowie ludzi i na środowisko

Współczesna cywilizacja oferuje nam wiele dóbr, które uznaliśmy za tak potrzebne, że nie potrafimy się bez nich obejść. Takim przykładem jest łączność telefoniczna. W latach 50. ubiegłego stulecia telefon w domach był przywilejem nielicznej grupy Polaków. Najczęściej korzystano z telegramów. Aby zadzwonić do innego miasta, trzeba było pójść na pocztę, by zamówić rozmowę międzymiastową, i czasami poczekać godzinę lub dłużej. Obecnie nawet dzieci mają telefony komórkowe, pozwalające w prosty sposób połączyć się z rodzicami. Dzięki telefonom zwiększyło się nasze bezpieczeństwo, ponieważ pozwala w kilka sekund na wezwanie pogotowia ratunkowego czy policji w razie wypadku drogowego. Przykłady takie moglibyśmy mnożyć.

Powszechny i tani dostęp do dóbr współczesnej cywilizacji wiąże się jednak nie tylko z kosztami materialnymi, lecz także z konieczną ingerencją w otaczające nas środowisko. W okolicach lub bezpośrednio na dachach naszych domów pojawia się coraz więcej anten nadawczo-odbiorczych telefonii komórkowej, które podobnie jak linie elektroenergetyczne emitują *pole elektromagnetyczne*.

W związku z rozwojem komunikacji, w tym z powszechnym dostępem do samochodów, pojawiła się konieczność rozbudowy sieci istniejących dróg. Nowe drogi zajmują tereny pól uprawnych, przecinają tereny cenne przyrodniczo, a zlokalizowane w pobliżu naszych domów stają się źródłem zanieczyszczeń i hałasu.

Całą naszą cywilizację uzależniliśmy od elektryczności, dlatego w otaczającym nas krajobrazie pojawiły się kopalnie węgla, elektrownie systemowe i linie lub stacje elektroenergetyczne najwyższych napięć.

Skoro nie możemy obejść się bez dóbr współczesnej cywilizacji, rozbudowa infrastruktury telekomunikacyjnej, drogowej czy też związanej z przesyłem prądu jest niezbędna i gdzieś musimy znaleźć dla niej miejsce.

W tym rozdziale zajmiemy się opisem oddziaływań linii elektroenergetycznych najwyższych napięć na środowisko, w którym są lokalizowane. Współcześnie pod pojęciem środowiska rozumie się nie tylko *środowisko przyrodnicze*, lecz także *środowisko społeczne* [14]. Środowisko przyrodnicze to system przyrody ożywionej z różnorodnością gatunków roślin i grzybów, a także dziko żyjących zwierząt oraz przyrody nieożywionej, do której przede wszystkim należą: gleba, atmosfera, woda oraz utwory skalne. Środowisko przyrodnicze obejmuje obszary, na których szczególnie chronimy przyrodę: rezerваты, parki narodowe, parki krajobrazowe, obszary należące do sieci Natura 2000, korytarze ekologiczne umożliwiające przemieszczanie się zwierząt, a nawet pojedyncze pomniki przyrody, np. stare drzewa czy głazy narzutowe. Z kolei *środowisko społeczne*, to środowisko przekształcone przez człowieka, tak by mógł on zaspokajać swoje potrzeby, m.in. związane z ochroną zdrowia, mieszkaniowe, edukacyjne, kulturalne, religijne, zawodowe i komunikacyjne. Przykładem środowiska społecznego jest środowisko miejskie.

Rozwój cywilizacji wymaga od nas ochrony zarówno środowiska przyrodniczego, jak i społecznego. Najważniejsza jest jednak ochrona zdrowia człowieka, dlatego zagadnienia z nim związane budzą największą wątpliwość, w tym wśród mieszkańców terenów, na których projektuje się trasy nowych linii przesyłowych.

## Oddziaływanie pola elektromagnetycznego na zdrowie człowieka

Człowiek nie jest w stanie wyczuć oddziaływania pola elektromagnetycznego, nawet gdy przebywa bezpośrednio pod linią najwyższych napięć. Zmienne *pole elektryczne* i magnetyczne wzbudza słabe prądy w organizmie człowieka wyeksponowanego na działanie tego pola, nie wywołując w nim żadnych odczuwalnych efektów. Jest to spowodowane tym, że prądy powodujące przesyłanie impulsów nerwowych wewnątrz organizmu człowieka i powodujące np. skurcz mięśni mają wartości wiele tysięcy razy wyższe niż prądy indukowane w naszym układzie nerwowym przez zewnętrzne *pole elektromagnetyczne*. Jedyny efekt związany z polem elektromagnetycznym pochodzącym od linii przesyłowych najwyższych napięć, jaki człowiek może zaobserwować, jest związany z dużymi obiektami metalowymi umieszczonymi bezpośrednio w pobliżu takich linii, np. metalowymi ogrodzeniami czy maszynami rolniczymi. Jeśli urządzenia te nie są dobrze uziemione, wówczas ich dotknięcie powoduje drobne, odczuwalne przez człowieka wyładowania elektryczne, o których była mowa w poprzednim rozdziale. Pole elektryczne generowane przez linię elektroenergetyczną może bowiem spowodować nagromadzenie się ładunku elektrycznego na tych obiektach.

Jeśli nawet nie doświadczamy efektów bezpośredniego działania pól elektrycznego i magnetycznego na nasz organizm, to chcielibyśmy wiedzieć, czy długotrwałe przebywanie w tych polach nie będzie źródłem groźnych chorób, takich jak np. nowotwory czy choroba Alzheimera.

### Na początek nieco historii

Obecnie oddziaływanie pola elektromagnetycznego na organizm człowieka jest przedmiotem wielu publikacji, a także tematem często poruszanym w mediach. Łatwo natrafić na informacje, że pola elektromagnetyczne są szkodliwe dla zdrowia. Należy jednak pamiętać, że na przełomie XIX i XX wieku leczenie polami elektrycznymi było dopuszczalne do stosowania w medycynie. Była to tak zwana medycyna elektryczna, która osiągnęła wówczas

szczególną popularność w USA. Przy użyciu pól elektromagnetycznych leczono rozmaite choroby, a jedną trzecią podręczników medycznych stanowił wykład z elektromedycyny.

W latach 40. XX wieku fascynacja elektroterapią zmalała i w pismach medycznych pojawiało się coraz mniej prac dotyczących tej dziedziny. Do dzisiaj jednak w literaturze, w tym naukowej, możemy znaleźć liczne prace o pozytywnym dla zdrowia działaniu pola elektromagnetycznego o małych częstotliwościach, np. o leczniczym działaniu tych pól w przypadku zrostania się kości [15]. Dopiero w latach 50. ubiegłego wieku zaczyna rozpowszechniać się sprzeciw wobec osiągnięć techniki. Ruch ten przybiera różne formy, od sprzeciwu przeciw zbrojeniom atomowym, cywilizacji dzieci kwiatów, do rozmaitych form politycznych i partii. W atmosferze rosnącej niechęci wobec wielkich organizacji przemysłowych i rosnącej świadomości roli czystego środowiska dla życia człowieka zaczyna pojawiać się pogląd, że wszelkie zmiany środowiska wywołane przez człowieka muszą powodować uszczerbek na jego zdrowiu. O ile w latach 50. i 60. paradygmatem był pogląd, że niskoenergetyczne pola elektromagnetyczne nie mają wpływu na zdrowie [16], o tyle w latach 70. pojawiają się w prasie doniesienia o szkodliwym działaniu linii przesyłowych wysokich napięć. Naświetlanie polami elektromagnetycznymi uważane przez 100 lat, od połowy XIX wieku, za zbawienne dla zdrowia zaczęło być traktowane jako zagrożenie.

Należy jednak bezwzględnie zwrócić uwagę na to, że pola elektromagnetyczne, a zwłaszcza *pole magnetyczne* wykorzystywane są na szeroką skalę również we współczesnej medycynie i kosmetologii. Jednym z powszechniejszych badań stosowanych w diagnostyce wielu schorzeń jest rezonans magnetyczny (ang. magnetic resonance imaging w skrócie MRI). W badaniu tym wykorzystuje się silne *pole magnetyczne* oraz fale radiowe. Leczenie polem magnetycznym – tzw. magnetoterapia stosowana jest do leczenia wielu chorób – od reumatoidalnego zapalenia stawów, przez utrudniony zrost kości, do bólów

głowy i astmy oskrzelowej. Z kolei głębokie przegrzanie tkanek przy pomocy pola elektrycznego lub magnetycznego (diatermia) stosuje się m.in. w rehabilitacji i do chirurgicznego cięcia lub koagulacji tkanek.

### Ryzyko zachorowania na raka

Jeżeli człowiek o jasnej karnacji będzie się opalał na plaży bez zastosowania kremu ochronnego z filtrem UV, już po kilku godzinach może zaobserwować skutki swojej lekkomyślności. Jego skóra będzie poparzona. Łatwo jest stwierdzić, że przyczyną poparzenia było zbyt długotrwałe przebywanie na słońcu. Podobnie jest w przypadku chorób zakaźnych w bardzo krótkim czasie przenoszących się z człowieka na człowieka. Jeżeli po spotkaniu z osobą chorą następnego dnia mamy te same objawy, możemy z dużym prawdopodobieństwem sądzić, że wirusy powodujące np. przeziębienie przeniosły się z chorego na nas. Związek przyczyny (ekspozycja na słońce, kontakt z przeziębionym) ze skutkiem (poparzona skóra, katar) jest tu oczywisty. Ludzie dawno odkryli ten związek i nauczyli się, jak unikać niepożądanych skutków.

Część z chorób rozwija się jednak powoli. Na przykład bakterie gruźlicy mogą pozostawać utajone w organizmie przez kilka lat, zanim wystąpią pierwsze objawy choroby, dlatego przez setki lat ludzie sądzili, że gruźlica nie jest chorobą zakaźną. Dopiero w 1882 roku odkrycie prątka gruźlicy i wykazanie, że każdy chory jest nosicielem tych bakterii, uświadomiło ludziom przyczynę tej rzadkiej już dziś choroby. Pozwoliło to z czasem znaleźć skuteczny lek – szczepionkę BCG, a następnie streptomycynę, która pozwoliła uporać się z tą chorobą.

O wiele trudniej jest ustalić przyczynę nowotworów. Mimo wielu lat pracy naukowcom nie udało się znaleźć jednego czynnika wywołującego tę groźną chorobę. Dziś wiemy, że są czynniki, które sprzyjają powstawaniu nowotworów, ale nie muszą być ich przyczyną. Na przykład palenie papierosów sprzyja powstawaniu raka płuc,

ale nie wszyscy palacze zapadają na tę chorobę. W latach 80. XX wieku stwierdzono, że 95% ludzi umierających na raka płuc paliło papierosy (dziś ten wskaźnik jest niższy), ale tylko 10% spośród wszystkich palących umierało na tę chorobę. Czyli paląc, zwiększamy prawdopodobieństwo zachorowania na raka płuc, choć to prawdopodobieństwo nie jest tak duże, jak się powszechnie uważa. Przyczyną zwiększenia ryzyka zachorowania na nowotwór jest substancja smolista zawarta w dymie papierosowym. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) prowadzi rejestr substancji rakotwórczych. W rejestrze tym benzopiren, substancja z dymu papierosowego, sklasyfikowany jest w grupie 1. – substancji, których działanie rakotwórcze udowodniono. Do grupy tej należą również dziesiątki innych substancji rakotwórczych, których używanie jest w związku z tym zabronione. W klasyfikacji tej w grupie 2. znalazły się substancje, których wcześniej nie podejrzewano o działanie szkodliwe, po czym pojawiły się doniesienia o możliwym ich związku z zachorowaniami na nowotwory. Działania tego nie udało się jak dotąd bezspornie udowodnić. Grupa ta dzieli się na dwie podgrupy: 2A i 2B. Grupa 2A obejmuje czynniki, dla których istnieje ograniczony dowód działania rakotwórczego na ludzi i wystarczający dowód rakotwórczości u zwierząt doświadczalnych. Znalazły się w niej m.in. palenie w kominku, rozpylanie środków owadobójczych i praca w trybie zmianowym. O ile palenie w kominku lub rozpylanie środków owadobójczych mogą mieć jakiś związek z chemicznym oddziaływaniem pewnych substancji na organizm człowieka, o tyle przyczyna minimalnie zwiększonej zachorowalności na nowotwory ludzi pracujących w systemie zmianowym nie jest już tak oczywista. Być może jest to stres wynikający z niestabilizowanego trybu życia. Jednak jak dotąd nie ma na to pytanie zadowalającej odpowiedzi.

W drugiej podgrupie (2B) umieszczono substancje, czynniki i zawody, które być może mają jakiś związek z nowotworami, choć podejrzenia są znacznie słabsze niż w przypadku grupy 2A. Grupa 2B obejmuje czynniki, w odniesieniu do których istnieje ograniczony dowód działania

rakotwórczego na ludzi, przy braku wystarczającego dowodu rakotwórczości u zwierząt doświadczalnych. Do podgrupy tej należy właśnie m.in. ekspozycja organizmu ludzkiego na *pole magnetyczne* małych częstotliwości<sup>2</sup> (ostatnio również *pole elektromagnetyczne* emitowane przez urządzenia telefonii komórkowej). Zaznaczyć należy, że obok pola elektromagnetycznego w grupie tej znajdują się między innymi takie substancje, jak kawa i ogórki konserwowe.

Niektóre choroby mają swoją oczywistą przyczynę, jak poparzenie skóry przez działanie ultrafioletu czy choroba płuc spowodowana bakterią gruźlicy. Jednak w przypadku pól elektromagnetycznych niskiej częstotliwości naukowcy mają bardzo dużo wątpliwości. Promieniowanie takie nie rozbija cząsteczek chemicznych, z których zbudowany jest organizm – nie jest promieniowaniem jonizującym, w przeciwieństwie do promieni rentgena. Promieniowanie niskich częstotliwości nie podgrzewa organizmu, w odróżnieniu od promieniowania z kuchenek mikrofalowych. Prądy, które wywołuje, są tysiące razy mniejsze od płynących w organizmie w stanie naturalnym – nie zakłóca więc działania nerwów, mięśni lub rozruszników serca. W takim przypadku część naukowców nie jest pewna, czy promieniowanie elektromagnetyczne w ogóle jest szkodliwe dla organizmu, część z nich proponuje mechanizmy subtelniejsze, np. wpływ na rodniki czy mechanizmy rezonansowe.

Przeciwnicy poglądu o szkodliwym zdrowotnie działaniu pól emitowanych przez linie wysokiego napięcia zwracają uwagę na to, że na świecie dziesiątki milionów ludzi mieszkają w pobliżu linii przesyłowych, dlatego jeżeli występowałby efekt szkodliwy promieniowania i byłby on wystarczająco duży, to wiele osób cierpiałoby na tę samą chorobę. Jednak pomimo wieloletnich prowadzonych w tym zakresie badań epidemiologicznych wyniki nie wskazały na żadną z chorób. Epidemiologia może służyć do wykrywania powiązań pomiędzy czynnikiem działającym i chorobami bardzo rzadkimi powodującymi rocznie śmierć tylko jednej osoby na 100 000 ludzi zamieszkujących

<sup>2</sup>) Czasami używa się terminu „promieniowanie elektromagnetyczne lub też „promieniowanie niejonizujące”. Nie ma ono nic wspólnego z promieniowaniem radioaktywnym lub jonizującym, jakie powstaje w wyniku rozpadu substancji promieniotwórczych.

dany teren, np. znajdujący się w pobliżu linii wysokiego napięcia. Trzeba pamiętać, że jest to mniejsze zagrożenie niż śmierć w wypadku samochodowym, gdyż w Polsce co roku w wypadkach samochodowych ginie 8,7 osoby na 100 000 ludzi i takie dane statystyczne nie wywołują w nas strachu przed korzystaniem z autobusu czy samochodu.

### Białaczka u dzieci

Najwięcej wątpliwości odnośnie szkodliwego działania pola elektromagnetycznego dotyczy ostrych białaczek limfoblastycznych u dzieci ekspozowanych na takie pola. Białaczka jest chorobą należąca do chorób nowotworowych. W przekonaniu wielu ludzi mieszkających w pobliżu linii elektroenergetycznych białaczka stanowi niebezpieczeństwo dla ich dzieci. Aktualny stan wiedzy na ten temat został przedstawiony przez Komitet Naukowy SCENIHR Komisji Europejskiej, który w marcu 2015 roku opublikował nową opinię dotyczącą potencjalnego wpływu na zdrowie spowodowanego narażeniem na oddziaływanie pól elektromagnetycznych, między innymi małych częstotliwości. Autorzy raportu stwierdzają, że białaczka występująca u dzieci jest chorobą rzadką i do chwili obecnej nie jest wiadome, czym może być spowodowana. W ciągu roku rejestruje się średnio 10–15 nowych przypadków na 100 000 dzieci. Na szczęście obecnie jest to choroba w znacznym stopniu wyleczalna i umiera tylko ok. 10% chorych dzieci. Wykorzystując epidemiologiczne metody badań, naukowcy starają się wykryć, czy dzieci mieszkające w pobliżu linii przesyłowych wysokiego napięcia zapadają częściej na białaczkę.

Należy jednak pamiętać, że dokładność metod epidemiologicznych (statystycznych) zależy od liczby przebadanych przypadków. Wyniki uznaje się za statystycznie wiarygodne, gdy przebadano tak dużą populację, że całkowita liczba zdiagnozowanych przypadków śmiertelnych jest nie mniejsza niż 30. Skoro z powodu białaczki umiera co najwyżej jedno dziecko na 100 000, to trzeba by przebadac co najmniej trzy miliony dzieci,

aby uzyskać wiarygodne dane. Komitet SCENIHR w swojej opinii stwierdził, że nie jest znany związek pomiędzy zachorowaniem na białaczkę, a oddziaływaniem pola elektromagnetycznego na organizm ludzki.

### Inne poważne choroby

Powyższy raport stwierdza, że nie ma przekonujących dowodów, iż pola elektromagnetyczne małych częstotliwości powodują ryzyko zwiększenia zapadalności na choroby neurodegeneracyjne (np. choroba Alzheimera) lub mają wpływ na układ nerwowy człowieka. Komitet SCENIHR<sup>3</sup> stwierdza ponadto, że brak jest też wiarygodnych dowodów na to, że pola elektromagnetyczne małych częstotliwości wpływają na układ rozrodczy zarówno kobiet, jak i mężczyzn. Nie ma też żadnych dowodów na wpływ pól elektromagnetycznych na otyłość wśród dzieci i zachorowalność na astmę.

### Podsumowanie

Wielkości zaburzeń w organizmie ludzkim powodowane ekspozycją człowieka na pola elektromagnetyczne generowane przez linie przesyłowe są znacznie mniejsze niż pola elektryczne i magnetyczne oraz towarzyszące im prądy płynące wewnątrz organizmu. Nie ma zatem podstaw, by sądzić, że pola elektromagnetyczne wywierają istotny wpływ na organizm ludzki, choć oczywiście prace nad ewentualnymi innymi mechanizmami takiego działania są intensywnie prowadzone.

Od wielu lat prowadzone są badania zarówno w laboratoriach naukowych, jak i w terenie. Rezultaty tych badań nie wnoszą nic nowego. Próby niezależnej weryfikacji doniesień potwierdzających wpływ pola elektromagnetycznego na organizm ludzki czy zwierząt doświadczalnych, a także na komórki tych organizmów w badaniach *in vitro* dają przeważnie wyniki negatywne. Należy zatem stwierdzić, że nie ma do tej pory wiarygodnych danych potwierdzających istnienie wpływu pól elektromagnetycznych *małej częstotliwości*

3) SCENIHR – ang. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. W wolnym tłumaczeniu: Naukowy Komitet Badania Zagrożeń dla Zdrowia Spowodowanych Nowymi Technologiami. Komitet naukowy został powołany decyzją Komisji Europejskiej z 5 sierpnia 2008 roku i zajmuje się doradztwem naukowym na rzecz Komisji Europejskiej.

o poziomach występujących w środowisku na struktury biologiczne.

Badania epidemiologiczne dotyczące występowania niektórych postaci nowotworów u części populacji ludzkiej, szczególnie narażonej na zwiększone dawki promieniowania elektromagnetycznego z pracy wykonywanego zawodu lub miejsca zamieszkania, dają wyniki negatywne lub pozytywne, ale w granicach jednego przypadku na 100 000 ludzi. Należy zatem stwierdzić, że ryzyko śmierci związane z emisją pola elektromagnetycznego niskiej częstotliwości jest bardzo mało prawdopodobne.

### Charakterystyka badań naukowych skutków oddziaływania pola elektromagnetycznego

Badania naukowe dotyczące skutków oddziaływania pól elektrycznego i magnetycznego *małej częstotliwości* na zdrowie ludzi są prowadzone od blisko 100 lat. Oprócz funkcji poznawczych mają one jeszcze jeden ważny cel, na ich podstawie tworzone są normy i standardy emisyjne, które uwzględniane są w przepisach prawa. Przepisy te obowiązują inwestorów oraz projektantów nowej bądź modernizowanej infrastruktury.

Badania związane z oddziaływaniem pól elektrycznego i magnetycznego niskiej częstotliwości na zdrowie ludzi można podzielić na badania:

- prowadzone w otoczeniu linii elektroenergetycznych,
- własności elektrycznych organizmów ludzkich,
- pól i prądów powstających w ciałach ludzi znajdujących się w polu elektrycznym i magnetycznym,
- biologicznych skutków występowania napięć i prądów powstających w ciałach ludzi na skutek przebywania w polu elektrycznym i magnetycznym,
- prowadzone na zwierzętach,
- struktur komórkowych,
- epidemiologiczne.

Rolą nauki jest odkrywanie prawdziwych, nieznanych wcześniej mechanizmów obserwowanych zjawisk. Odkrycia te tylko wtedy są przyjęte i uznane przez ogół badaczy, jeżeli możliwa jest ich weryfikacja poprzez ich powtórzenie przez inny, często konkurencyjny, renomowany ośrodek badawczy i otrzymanie zbieżnych wyników badań. Wyniki badań publikowane są w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym, których renomą i sposób recenzowania nadsyłanych prac gwarantują wiarygodność publikowanych wyników badań, dlatego niezmiernie rzadko zdarza się, by w takich publikacjach wykazano błędy. Te czasopisma czytane są jedynie przez specjalistów, bowiem lektura opublikowanych tam wyników badań wymaga odpowiedniego przygotowania i znajomości fachowej terminologii. Jednakże wiele ludzi obawiających się sąsiedztwa linii elektroenergetycznej czerpie informacje z powszechnie już dostępnego Internetu. Nikt spośród fachowców nie ma wpływu na zawarte tam doniesienia i sensacje. Niestety, to właśnie często te „wyniki” najszybciej przedzierają się do świadomości ogółu społeczeństwa i bardzo trudno jest przekonać zainteresowanych, że aktualna wiedza naukowa ich nie potwierdza.

Istnieje kilka ważnych międzynarodowych organizacji, które mają duży wpływ na podejście rządów państw do kwestii oddziaływania pól elektrycznego i magnetycznego na zdrowie człowieka. Same zwykle nie prowadzą badań naukowych, co najwyżej je zlecają, śledzą za to uważnie postęp wiedzy w różnych dziedzinach i w okresach kilkuletnich publikują raporty, które często mają wpływ na decyzje polityczne. Poniżej przedstawiono krótką charakterystykę organizacji o zasięgu światowym i europejskim, które mają decydujący wpływ na światową i europejską politykę ochrony zdrowia przed promieniowaniem niejonizującym. W kolejnym rozdziale pokazane zostanie, jak raporty publikowane przez te organizacje wykorzystuje się do ustanawiania standardów i przepisów prawa.

**Światowa Organizacja Zdrowia** – (ang. World Health Organization – WHO) – działająca w ramach Organizacji Narodów Zjednoczonych, zajmująca się ochroną zdrowia. Jej siedzibą jest Genewa. W ramach prowadzonego od połowy lat 90. międzynarodowego programu „Pola elektromagnetyczne” publikuje materiały pozwalające określić obszary, na których powinny koncentrować się badania naukowe.

W 2007 roku został opublikowany przez WHO obszerny raport: „Kryteria zdrowotne środowiska. Pola o skrajnie małych częstotliwościach” [17].

W powyższym raporcie dokonano m.in. przeglądu wyników badań wpływu pól bardzo *małej częstotliwości* na system neurohormonalny i sercowo-naczyniowy, układ odpornościowy i krwiotwórczy, reprodukcję i wzrost organizmów, a także na powstawanie chorób nowotworowych. Opracowanie zakończone jest wnioskami wskazującymi na możliwość występowania efektów zdrowotnych w przypadku ekspozycji organizmu na pola o dużych natężeniach, uzasadniających wprowadzanie ograniczeń tej ekspozycji. Dotyczą one jednak ryzyka związanego z niektórymi zawodami, których wykonywanie wiąże się z przebywaniem osób zatrudnionych w zasięgu pola elektrycznego i magnetycznego o wartościach natężenia kilkadziesiąt lub nawet setki razy większych aniżeli pola występujące w sąsiedztwie linii elektroenergetycznych wysokich napięć. Mowa tu np. o pracownikach stacji radarowych, o osobach prowadzących pojazdy szynowe trakcji elektrycznej czy o osobach obsługujących urządzenia tomografii rezonansu magnetycznego.

Z kolei wyniki badań epidemiologicznych wskazują na możliwość istnienia związku poziomów pól elektromagnetycznych ze wzrostem ryzyka zachorowania na ostrą białaczkę limfatyczną u dzieci. Jednakże wyniki badań związku występowania konkretnych przypadków zachorowania



na tę chorobę z poziomami pól, na których działanie organizm ludzki był wystawiony, nie wskazują na zasadność posługiwania się wynikami badań epidemiologicznych przy ustanawianiu limitów ekspozycji na pola o bardzo małych częstotliwościach.

W 2007 roku Światowa Organizacja Zdrowia opublikowała arkusz faktów (ang. fact sheet) WHO Nr 322, poświęcony wpływowi pól o bardzo małych częstotliwościach na zdrowie publiczne [18]. Zgodnie z informacjami zawartymi w tym dokumencie przebywanie w polach elektrycznych o bardzo małych częstotliwościach, jakie występują w miejscach dostępnych dla ludności, nie pociąga za sobą negatywnych skutków zdrowotnych. W cytowanym arkuszu faktów nr 322 podano także informację, że przeanalizowano również możliwe powiązania wpływu pól o bardzo małych częstotliwościach z innymi nowotworami występującymi u dzieci i u dorosłych, a także depresjami, samobójstwami, zaburzeniami układu krążenia, zaburzeniami płodności, zaburzeniami rozwojowymi, zmianami odporności, skutkami neurobehawioralnymi i chorobami neurodegeneracyjnymi. WHO uznało, że dowody naukowe na związek pomiędzy narażeniem na *pole magnetyczne* bardzo *małej częstotliwości* a wszystkimi tymi skutkami zdrowotnymi są znacznie słabsze niż dowody na związek z białaczką dziecięcą. W niektórych przypadkach (tj. w przypadku chorób układu krążenia lub raka piersi) dowody naukowe wskazują na to, że schorzenia te nie są spowodowane polami o bardzo małych częstotliwościach.

**Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem** (ang. International Agency for Research on Cancer – IARC). Agencja WHO mieszcząca się w Lyonie we Francji i zajmująca się koordynacją międzynarodowych badań nad rakiem opracowała m.in. klasyfikację czynników i substancji rakotwórczych, dzieląc je na grupy w zależności od stopnia, w jakim dowiedziono ich działania rakotwórczego [19].

Długotrwałe przebywanie człowieka w wolnozmennych polach elektrycznych i magnetycznych o natężeniach, jakie występują w sąsiedztwie linii elektroenergetycznych zostało zakwalifikowane do grupy, dla której nie istnieją możliwe do naukowej weryfikacji dowody na rakotwórcze działanie takich pól. Rakotwórcze działanie czynnika, jakim są wolnozmienne pola magnetyczne, nie zostało potwierdzone doświadczeniami na zwierzętach. Ponadto nie ustalono do tej pory mechanizmów biofizycznych, które wskazywałyby, w jaki sposób ekspozycja w polach o małej częstotliwości może wpływać na rozwój nowotworów. Wyniki badań prowadzonych na zwierzętach w znacznym stopniu wskazywały na brak związku między ekspozycją w polach o małych częstotliwościach a zachorowaniem na raka. Dowody wskazujące na związek oddziaływania pól o małej częstotliwości z występowaniem białaczki u dzieci nie są wystarczająco wiarygodne, by można było uznać takie pola za przyczynę występowania poszczególnych zachorowań.

**Naukowy Komitet Badania Zagrożeń dla Zdrowia Spowodowanych Nowymi Technologiami** (ang. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks – SCENIHR). Komitet naukowy został powołany decyzją Komisji Europejskiej z 5 sierpnia 2008 roku i zajmuje się doradztwem naukowym na rzecz Komisji Europejskiej. Naukowców powołanych do SCENIHR obowiązuje deklaracja o braku powiązań z jakimikolwiek strukturami gospodarczymi, które mogłyby czerpać korzyści z ich pracy. Reguły działania komitetu przewidują, że „doradztwo naukowe świadczone przez komitet nie może podlegać wpływom innych czynników niż ocena naukowa rozważanego ryzyka. Ta zasada dotyczy w szczególności niezależności od jakichkolwiek zewnętrznych powiązań ekonomicznych lub politycznych, lecz także od stronniczości związanej z kwestiami natury politycznej, finansowej, społecznej, filozoficznej, etycznej lub jakichkolwiek wpływów natury nienaukowej”<sup>4</sup>.

<sup>4</sup>) Rules of procedures, n. 11 i 12. [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/emerging/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/index_en.htm)

**Międzynarodowa Komisja Ochrony przed Promieniowaniami Niejonizującymi** (ang. International Commission on Non-Ionising Radiation Protection – ICNIRP). Organizacja zrzesza niezależnych naukowców badających epidemiologię, biologię, metody pomiarów i promieniowanie optyczne. Zajmuje się także doradztwem w zakresie narażenia na *promieniowanie niejonizujące*. ICNIRP zajmuje się badaniem i podnoszeniem świadomości na temat możliwych skutków ubocznych dla zdrowia człowieka wywołanych przez narażenie na promieniowanie niejonizujące. W kolejnym rozdziale przytoczone zostaną rekomendacje komisji opracowane w 2010 roku na podstawie m.in. publikacji WHO oraz szerokiego przeglądu najnowszych publikacji dotyczących badania wpływu pól elektrycznego i magnetycznego na zdrowie ludności.

Przedstawione w tym rozdziale ustalenia dotyczące oddziaływania pola elektromagnetycznego o poziomach występujących w sąsiedztwie linii elektroenergetycznych na zdrowie ludzi są wynikiem prac czołowych światowych ośrodków badawczych zatrudniających tysiące naukowców. Ustalenia te zostały poddane krytycznej analizie, a następnie podsumowane w raportach renomowanych organizacji naukowych o zasięgu międzynarodowym. Naukowcy w dalszym ciągu prowadzą badania nad oddziaływaniem pola elektromagnetycznego na zdrowie ludzi, jednak nie spodziewają się przełomu, który wskazałby konieczność rewizji norm bezpieczeństwa, o których będzie mowa w następnym rozdziale.

## Oddziaływanie linii najwyższych napięć na środowisko społeczne

Wpływ oddziaływania pól elektrycznego i magnetycznego na zdrowie ludzi należy niewątpliwie do najważniejszych zagadnień. Interesujące są jednak również i inne kwestie, które pojawiają się przy budowie lub modernizacji infrastruktury przesyłowej. Do kwestii tych należą przede wszystkim takie zagadnienia, jak ryzyko porażenia prądem, hałas, ochrona krajobrazu i spadek wartości nieruchomości.

### Ryzyko porażenia prądem

Wielu mieszkańców mających w perspektywie sąsiedztwo nowej linii elektroenergetycznej obawia się ryzyka porażenia prądem elektrycznym lub uderzenia pioruna. Wbrew powyższym obawom od bez mała 20 lat nie zanotowano żadnej awarii linii przesyłowej z porażeniem prądem, w wyniku której ucierpeliłoby ludzkie. Na każdej stacji elektroenergetycznej działają automatyczne systemy bezpieczeństwa, które wyłączają zasilanie linii elektroenergetycznej w przypadku, gdyby doszło do jej zerwania lub uszkodzenia.

Poza zabezpieczeniami wszystkie linie przesyłowe mają ochronę przed uderzeniami piorunów, czyli ochronę odgromową w postaci uziemionego przewodu zawieszono ponad każdym torem przewodów wiodących prąd. Należy zwrócić uwagę, że linie elektroenergetyczne nie są podatne na uderzenia piorunów w większym stopniu aniżeli inne obiekty znajdujące się w sąsiedztwie.

Pomimo stosowanych zabezpieczeń sąsiedztwo linii elektroenergetycznej wiodącej prąd pod napięciem z oczywistych względów wymaga przestrzegania pewnych zasad bezpieczeństwa. Norma techniczna PN-EN 50341-1:2013-03 [20] ściśle określa minimalne, gwarantujące bezpieczeństwo odległości przewodów od różnych obiektów budowlanych, takich jak budynki, drogi, tory kolejowe itp.

Dodatkowe środki ostrożności muszą zachować rolnicy, których pola lub łąki znajdują się bezpośrednio pod linią elektroenergetyczną lub w jej sąsiedztwie. Przestrzegając zasad bezpieczeństwa przy użytkowaniu maszyn rolniczych rolnicy, mogą uprawiać

swoją ziemię tak jak dotychczas. Ważna jest przede wszystkim znajomość dopuszczalnej wysokości infrastruktury, która może znajdować się pod liniami, np. anten, zraszaczy stosowanych w rolnictwie (z uwzględnieniem maksymalnego zasięgu strumienia wody generowanego przez zraszacz), maszyn oraz pojazdów z uwzględnieniem zamontowanego na nich osprzętu. Wysokość ta nie może przekraczać 5 m. W przypadku konieczności zastosowania maszyn czy pojazdów niespełniających powyższych kryteriów wymagane jest uzgodnienie warunków ich zastosowania z właścicielem linii.

Najmniejsze zagrożenie w przypadku używania maszyn rolniczych w polskich gospodarstwach rolnych stwarzają linie najwyższych napięć, których zwis maksymalny zapewnia duży zapas bezpieczeństwa. Podczas oceny zagrożeń stwarzanych przez napowietrzne linie elektroenergetyczne, np. związanych z zamiarem użycia sprzętu o nietypowych wysokościach bardzo cenna może się okazać rozmowa z pracownikami właściciela linii elektroenergetycznej.

### Hałas

W poprzednim rozdziale opisaliśmy przyczyny generowania hałasu przez linie elektroenergetyczne. Hałas od linii wiąże się ze zjawiskiem *wyładowań niepełnych*, które towarzyszą przepływowi prądu pod wysokim napięciem.

Towarzyszący zjawisku wyładowań niepełnych hałas może być uciążliwy dla otoczenia, ale stopień tej uciążliwości jest różny w przypadku poszczególnych osób, bowiem każdy z nas ma różną wrażliwość na hałas. Są osoby, które są w stanie pracować w gwarnej kawiarni (ok. 70 dB<sup>5</sup>), a są też tacy, którym przeszkadza cicha muzyka dobiegająca z sąsiedniego mieszkania (ok. 10 dB). Linia elektroenergetyczna w warunkach atmosferycznych pozbawionych opadów generuje hałas o natężeniu ok. 32–35 dB, który może być porównywany do cichej rozmowy w zamkniętym pokoju. W sporadycznie występujących warunkach atmosferycznych (mżawka, mgła lub szadź) hałas

<sup>5</sup> dB – decybel – miara głośności dźwięku przede wszystkim związana z jego natężeniem lub ciśnieniem akustycznym.

Rodzaj terenu	Dopuszczalny poziom hałasu w (dB)	
	W porze dziennej: LAeq D dla 16 godzin dnia (6.00–22.00)	W porze nocnej: LAeq N dla 8 godzin nocy (22.00–6.00)
1. Strefa ochronna „A” uzdrowiska 2. Tereny szpitali, domów opieki społecznej 3. Tereny zabudowy związanej ze stałym lub z czasowym pobytom dzieci i młodzieży (w przypadku braku wykorzystania tych terenów w porze nocnej – LAeq N nie obowiązuje)	45	40
1. Tereny zabudowy mieszkaniowej jedno- i wielorodzinnej oraz zabudowy zagrodowej i zamieszkania zbiorowego 2. Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe (w przypadku braku wykorzystania tych terenów w porze nocnej – LAeq N nie obowiązuje) 3. Tereny mieszkaniowo-usługowe 4. Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 000 mieszkańców	50	45

Tabela 6. Dopuszczalne poziomy hałasu generowanego przez linie elektroenergetyczne w środowisku LAeq D (pora dzienna) i LAeq N (pora nocna). Według tekstu jednolitego Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku [21].

dochodzi do 45 dB, co w przybliżeniu odpowiada dźwiękom spokojnej pracy w pokoju biurowym.

Dopuszczalny poziom hałasu generowanego w środowisku naturalnym przez linie elektroenergetyczne jest uregulowany w prawie krajowym, w tym w przepisach wykonawczych do Ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska [22].

Do kontroli przestrzegania dopuszczalnych poziomów hałasu od linii elektroenergetycznej jest uprawniony każdy wojewódzki inspektorat ochrony środowiska, którego laboratoria są wyposażone w przenośną aparaturę umożliwiającą pomiar natężenia hałasu.

### Wpływ na krajobraz

Większość z nas uważa tereny, na których zamieszkuje, nierzadko od dzieciństwa, za wartościowe

krajobrazowo. Co ciekawe, uważają tak również mieszkańcy miast i miasteczek, w których osoba przyjezdna nie znajduje niczego interesującego. Ludzie odczuwają i doceniają piękno krajobrazu, dlatego zaliczamy go do środowiska społecznego. W Polsce występuje bogactwo terenów o rzadko spotykanych walorach krajobrazowych. Szczególnie cenne przyrodniczo formy krajobrazu są objęte prawnie ochroną.

Do obszarów wyspecyfikowanych w tabeli 7 śmiało możemy doliczyć obszary Natura 2000, których w Polsce na koniec 2012 roku było 983 o łącznej powierzchni 9 362 665 ha. Z powyższych danych wynika, że obszary chronione zajmują znaczną część terenu naszego kraju, dlatego również na tych terenach muszą być prowadzone linie przesyłowe, podobnie jak i inne rodzaje infrastruktury liniowej. Musimy pamiętać, że na terenach cennych przyrodniczo także mieszkają setki tysięcy

Forma ochrony	Liczba obiektów	Łączna powierzchnia (ha)
Parki krajobrazowe	121	2 607 728
Obszary chronionego krajobrazu	386	7 078 116
Zespoły przyrodniczo-krajobrazowe	324	94 926

Tabela 7. Formy prawnej ochrony krajobrazu w Polsce. Źródło: opracowanie własne

ludzi, którym potrzebny jest prąd, dlatego niezbędne jest wybudowanie na tych terenach potrzebnej do normalnego funkcjonowania infrastruktury obejmującej nie tylko linie elektroenergetyczne, lecz także drogi, wodociągi, kanalizację i infrastrukturę telekomunikacyjną.

Linia przesyłowa w otaczającym krajobrazie jest elementem dominującym, dlatego przy jej projektowaniu ważne jest uwzględnienie takich rozwiązań projektowych, by nie szpeciła ona krajobrazu, w którym ma zostać wybudowana. Najbardziej widoczne dla człowieka są słupy linii elektroenergetycznych oraz izolatory, same przewody wiodące prąd z daleka są prawie niewidoczne. Na rys. 19 przedstawiono dwie przykładowe konstrukcje słupa tej samej linii najwyższych napięć. Zastosowanie poszczególnych rodzajów konstrukcji słupów zależy w dużej mierze od rodzaju terenu, na którym linia elektroenergetyczna ma zostać wybudowana. Dodatkowo, aby ograniczyć wizualne oddziaływanie linii elektroenergetycznej na krajobraz, słupy linii malowane są na kolor pozwalający na wtopienie się linii w otaczający krajobraz. Ponadto jest możliwość zastosowania dominujących w krajobrazie słupów wyższych, które pozwalają na budowę rozległych przęseł linii przesyłowej, ale stosuje się ich wówczas mniej na danym odcinku linii. Z kolei przy zastosowaniu słupów niższych, mniej dominujących krajobrazowo, na takim samym odcinku linii konieczne będzie zastosowanie większej liczby słupów, ponieważ odległości pomiędzy przęsłami są mniejsze, niż w przypadku wykorzystania słupów wysokich.

Druga kwestia to sposób prowadzenia linii w terenie. Długie, proste odcinki równo rozstawionych

słupów linii przesyłowych niekomponują się z urozmaiconą rzeźbą terenu, dlatego projektanci przestrzegają tu pewnych zasad:

1. Wprowadzają załamania linii elektroenergetycznej i wybierają trasy z dala od miejsc widokowych, zwłaszcza licznie odwiedzanych przez turystów.
2. W terenie pagórkowatym lub górzystym unikają prowadzenia linii na szczytach wzniesień wybierając ich zbocza lub doliny pomiędzy nimi (zob. rys. 20).
3. Projektują linie, biorąc pod uwagę lokalizację i ochronę ekspozycji miejsc zabytkowych, takich jak np. ruiny zamków, zespoły pałacowe czy skanseny.
4. Unikają prowadzenia tras linii elektroenergetycznych przez lasy, a jeśli to niemożliwe stosują słupy nadleśne.
5. Proponują zastosowanie linii dwu- lub wielotorowych i wielonapięciowych tam, gdzie jest to możliwe, by wykorzystać ten sam pas terenu do przesyłu dużej ilości energii.
6. Zalecają zastosowanie preparatów zabezpieczających słupy elektroenergetyczne w kolorach naturalnych – odcieniach zieleni, szarości – dzięki którym konstrukcje te wtapiają się w krajobraz.

Biura projektowe wykorzystują zaawansowane oprogramowanie komputerowe umożliwiające odwzorowanie terenu i wizualizację zmian w krajobrazie powodowanych przez różne warianty proponowanych tras linii elektroenergetycznej.



Rysunek 19. Widok słupa rurowego dwutorowej linii elektroenergetycznej 220 kV oraz słupów kratowych linii 110 kV.



Rysunek 20. Widok napowietrznej, jednorodowej linii elektroenergetycznej o napięciu 400 kV w terenie podgórskim.

### Ograniczenia w użytkowaniu terenu i spadek wartości nieruchomości

Wybudowanie linii elektroenergetycznej nakłada na właściciela terenu, przez który przebiega linia, pewne ograniczenia w jego użytkowaniu. W przypadku terenów użytkowanych rolniczo, na których grunty zaliczone zostały do klas I–III, obowiązujące przepisy prawa wymagają od inwestora uzyskania zgody na przeznaczenie gruntów pod słupami linii elektroenergetycznej na cele nierolnicze. Decyzję taką wydaje Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi. W przypadku pozostałych terenów o gruntach zakwalifikowanych do niższych klas wystarczą zapisy lokalizujące linię w ustaleniach miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego. Klasy gruntów użytkowanych rolniczo są ważnym kryterium wyboru *wariantu lokalizacji* przy projektowaniu nowej trasy linii elektroenergetycznej. Oszacowania przeprowadzone przez projektantów<sup>6</sup> wykazały, że dla założonego przesyłu mocy 4000 MW na odległość 180 km najmniejsza powierzchnia terenu zajmowanego przez fundamenty słupów linii o różnym napięciu wynosi ok.:

1. 150 ha dla linii 110 kV,
2. 37 ha dla linii 220 kV,
3. 7 ha dla linii 400 kV.

Poza miejscem posadowienia konstrukcji *wsporczych* (słupów) teren może być dalej użytkowany rolniczo, jednak konieczne jest zapewnienie właścicielowi linii bieżącego dostępu do linii i urządzeń przesyłowych w celu wykonywania prac eksploatacyjnych i remontowych. Wynika to z konieczności okresowych przeglądów i remontów, a także jest niezbędne do usuwania ewentualnych awarii i ich skutków. Właściciel urządzeń przesyłowych pozyskuje *ślužebność przesyłu* w tzw. pasie technologicznym linii, który ustalany jest na całej długości linii elektroenergetycznej. *Ślužebność przesyłu* ustanawiana jest przez właściciela nieruchomości na podstawie umowy cywilnoprawnej w formie aktu notarialnego lub postanowieniem sądu. W przypadku posiadania przez przedsiębiorcę przesyłowego tytułu prawnego do korzystania z nieruchomości,

<sup>6</sup> Wskaźniki techniczne elektrowni, stacji i linii elektroenergetycznych zaprojektowanych przez Energoprojekt. Praca niepublikowana.

na której posadowione są urządzenia przesyłowe (umowa o ustanowienie *ślužebności przesyłu*, prawomocne postanowienie sądu lub decyzja administracyjna ograniczająca prawo do korzystania z nieruchomości), właściciel działki nie może odmówić przedsiębiorcy przesyłowemu (właścicielowi linii elektroenergetycznej) dostępu do urządzeń przesyłowych. Dotyczy to obszaru pasa technologicznego linii, w tym nie może zabraniać lub utrudniać dojazdu do linii elektroenergetycznej w przypadku konieczności przejazdu przez tereny innych działek, jeśli jest to konieczne. Z tytułu obciążenia nieruchomości prawem *ślužebności przesyłu* na podstawie umowy lub postanowienia sądu bądź ograniczenia prawa własności na podstawie decyzji administracyjnej właścicielowi nieruchomości przysługuje odpowiednie wynagrodzenie lub odszkodowanie, które uwzględnia stopień ingerencji w prawo własności.

Ograniczenia w korzystaniu z nieruchomości dotyczą części nieruchomości znajdującej się w pasie technologicznym linii. Bowiem w zakresie emisji pola elektromagnetycznego możliwe jest przekroczenie wartości granicznej składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego, określonej w obowiązujących przepisach dla terenów przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową, natomiast w zakresie emisji hałasu przekroczenie dopuszczalnych poziomów określonych w obowiązujących przepisach dla terenów zabudowy mieszkaniowej i zagrodowej. Przekroczenia te mogą mieć miejsce na obszarze znajdującym się pod przewodami linii lub w ich pobliżu i są powodem ograniczenia możliwości zabudowy mieszkaniowej w najbliższym otoczeniu linii. Ograniczenia zabudowy i zagospodarowania terenu w najbliższym otoczeniu linii wynikają również z innych przepisów, ustalających minimalną odległość pomiędzy przewodami linii a niektórymi obiektami (w tym gałęziami drzew). Z powyższych względów wprowadzono pojęcie pasa technologicznego linii w celu określenia obszaru ograniczeń oraz uwarunkowań jego zabudowy i zagospodarowania. Szerokość pasa technologicznego dla linii najwyższych napięć została przedstawiona w tabeli 8.

Napięcie znamionowe linii (kV)	Rodzaj konstrukcji wsporczych (seria słupów)	Liczba torów linii	Szerokość pasa technologicznego (m)
220	dowolny	1	50
	dowolny	2	50
400	dowolny	1	70
	dla odcinków na słupach ON400	1	ustalana w wyniku pomiarów
	Z52	2	60
750		–	140

Tabela 8. Szerokość pasa technologicznego pod eksploatowanymi w kraju liniami napowietrznymi wyższych napięć, wykonanymi na różnego rodzaju konstrukcjach wsporczych.

Na tym obszarze, nie wolno lokalizować budynków mieszkalnych, istnieją również ograniczenia w zakresie budowy budynków przemysłowych czy usługowo-handlowych, takich jak centra handlowe lub magazyny. W pasie technologicznym nie wolno dokonywać nasadzeń zieleni wysokiej ani też lokalizować hałd i nasypów. Ograniczenia mogą się różnić w poszczególnych przypadkach i zależą od konstrukcji linii oraz od ustaleń miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego.

Z punktu widzenia prawa *pas technologiczny* to nie to samo co *obszar ograniczonego użytkowania*, który jest określony w art. 135 ustawy Prawo ochrony środowiska [22]. Obszar taki tworzony jest uchwałą sejmiku województwa, jeżeli pomimo zastosowania dostępnych rozwiązań technicznych, technologicznych i organizacyjnych nie mogą być dotrzymane standardy jakości środowiska. Linie elektroenergetyczne są jednak projektowane w taki sposób, by standardy te poza obszarem pasa technologicznego były dotrzymane i jak dotąd w żadnym przypadku nie zachodziła konieczność wyznaczenia obszaru ograniczonego użytkowania dla terenu, na którym zlokalizowana jest linia.

### Gospodarka leśna

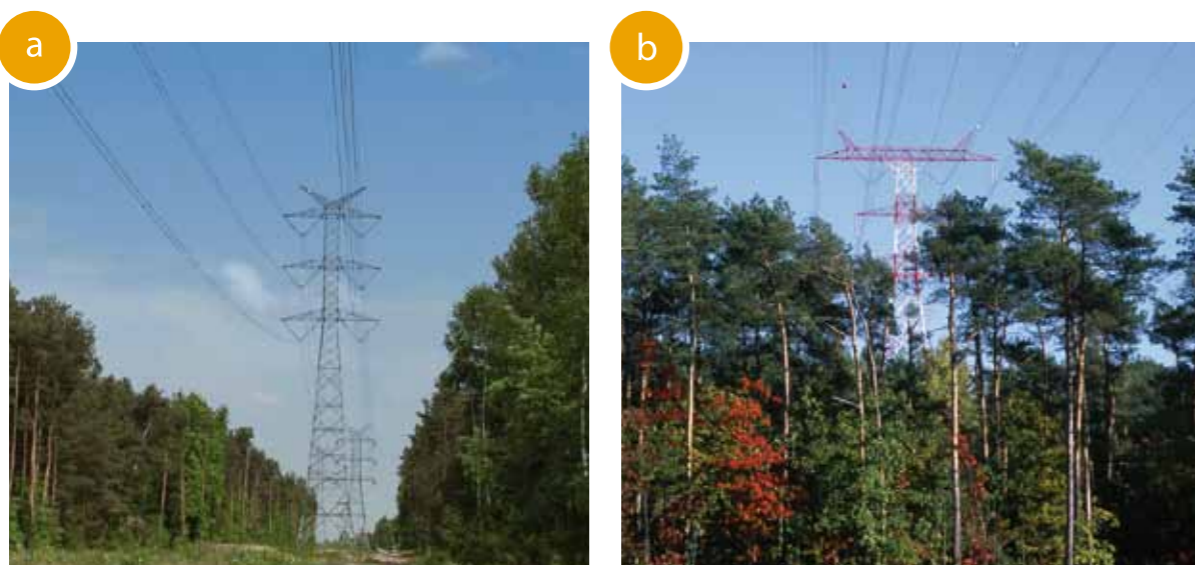
Lasy należą do najcenniejszych składników majątku narodowego. Oprócz funkcji gospodarczych – jako źródło cennego surowca, jakim jest drewno – ich ogromną wartością są funkcje ekosystemowe. Lasy są siedliskiem wielu cennych gatunków roślin i zwierząt, które często występują tylko tutaj, ponadto są miejscem rekreacji i wypoczynku ludzi oraz dają pracę dziesiątkom tysięcy osób. Planując przebieg linii elektroenergetycznej, projektanci starają się unikać prowadzenia jej przez lasy, co czasami jest niestety nieuniknione, gdyż lasy stanowią prawie 30% terenu Polski.

Przeprowadzenie linii elektroenergetycznej przez las metodą tradycyjną wiąże się z koniecznością wycinki drzew i krzewów w obszarze przeznaczonym na *pas technologiczny* pod linią, którego szerokość zależna jest od napięcia znamionowego linii przesyłowej i wybranej *konstrukcji wsporczej* (słupa). Szerokość ta wynosi od 7,5 m dla linii o napięciu 110 kV do 32 m dla linii o napięciu 400 kV przy zastosowaniu tradycyjnych słupów typu Y52. W przypadku linii o napięciu 400 kV konieczne

jest zatem wycięcie 3,2 ha lasu na każdy kilometr linii. Wyłączenie takiej powierzchni z gospodarki leśnej wiąże się z wysokimi opłatami i znacznie podnosi koszt budowy samej linii. W celu ograniczenia ingerencji w zasoby leśne energetycy we współpracy z leśnikami starają się wykorzystywać istniejące drogi leśne, linie oddziałowe, pasy przeciwpożarowe, a także wykorzystywać grunty o najsłabszych siedliskach przyrodniczych. Używając słupów tzw. wąskogabarytowych o pionowym układzie przewodów fazowych, można znacznie ograniczyć szerokość pasa technologicznego i tym samym zmniejszyć ilość wycinanego drzewostanu.

Dobrym rozwiązaniem, coraz częściej stosowanym przez PSE S.A., jest wykorzystanie *słupów nadleśnych*. Są to *konstrukcje wsporcze* o poziomym układzie przewodów fazowych, na tyle wysokie, by przewody znajdowały się w bezpiecznej odległości ponad koronami drzew, uwzględniając ich maksymalną wysokość w wieku rębnym. Zastosowanie *słupów nadleśnych* eliminuje konieczność wycinki drzew, z wyjątkiem miejsc koniecznych do wybudowania fundamentów słupów (zob. rys. 21).

Podsumowując, linie elektroenergetyczne po zakończeniu budowy, podczas bieżącej eksploatacji w niewielkim stopniu wpływają na *środowisko społeczne*. Dużo większy wpływ mają drogi, linie kolejowe lub lotniska. Przed wybudowaniem linii elektroenergetycznej nie trzeba zmieniać tras lokalnych dróg, z których można normalnie korzystać, np. by dojechać swoim sprzętem do uprawianych pól. Linia elektroenergetyczna nie powoduje hałasu o znacznej uciążliwości, jak np. linia kolejowa. Nie fragmentuje terenu, z czym mamy do czynienia w przypadku autostrad i dróg ekspresowych, a wiążące się z nią uciążliwości są nieporównanie mniejsze aniżeli sąsiedztwo np. lotniska. Okresowe, większe uciążliwości dla środowiska będą wiążące się z samą budową czy modernizacją takiej linii i będą wynikały z konieczności organizacji placu budowy, pracy maszyn, hałasu oraz emisją spalin. Uszkodzeniu mogą ulec lokalne drogi, którymi dojeżdżać będzie ciężki sprzęt, niezbędny na placu budowy. Należy jednak pamiętać, że oddziaływania te mają charakter krótkotrwały, a przedsięwzięcia budowlane w miarę możliwości przywracają teren objęty pracami, w tym użytkowane podczas budowy czy modernizacji nawierzchnie dróg do stanu poprzedniego lub lepszego niż był przed rozpoczęciem budowy.



Rysunek 21. Przykłady poprowadzenia linii przesyłowej przez las: a) metoda tradycyjna; b) z wykorzystaniem słupów nadleśnych.

## Oddziaływanie linii najwyższych napięć na środowisko przyrodnicze

Linia przesyłowa oddziałuje na *środowisko przyrodnicze* w znacznie mniejszym stopniu aniżeli inne obiekty infrastruktury liniowej. Problemy może stwarzać lokalizacja linii elektroenergetycznej na terenach cennych przyrodniczo, w tym takich, które podlegają ochronie prawnej. Na terenach parków narodowych i rezerwatów lokalizacja inwestycji infrastruktury przesyłowej celu publicznego jest możliwa w wyjątkowych wypadkach, za zgodą ministra właściwego do spraw środowiska [23]. Na terenach parków krajobrazowych i na obszarach chronionego krajobrazu lokalizacja jest możliwa na podstawie zapisu w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego lub w decyzji o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego. Na obszarach Natura 2000 lokalizacja linii jest również dopuszczalna, o ile inwestycja nie będzie oddziaływać w znaczący sposób na element środowiska objęty na danym obszarze ochroną albo w wyjątkowych przypadkach, o których mowa w art. 34 i 35 ustawy o ochronie przyrody [23]. Poniżej zaprezentowano najważniejsze oddziaływania linii elektroenergetycznych wysokich i najwyższych napięć na *środowisko przyrodnicze*. Wszystkie oddziaływania na środowisko są przedmiotem uważnej analizy w raporcie oddziaływania na środowisko, który jest niezbędny dla większości nowo budowanych linii elektroenergetycznych.

### Wpływ na siedliska cennych gatunków roślin

Na etapie budowy linii elektroenergetycznej na terenach, na których występują siedliska cennych gatunków roślin, mogą wystąpić zagrożenia dla tych siedlisk powodowane przez:

1. oddziaływanie na powierzchnię terenu i gleby, np. zniszczenie pokrywy roślinnej i górnych warstw gleby na skutek zajęcia terenu pod place budowy i drogi dojazdowe,
2. okresowe zakłócenia stosunków wodnych.

Powyższe oddziaływanie jest nieznaczne i krótkotrwałe, ustąpi po zakończeniu budowy czy modernizacji linii, a w przeciągu kilku sezonów

wegetacyjnych na skutek naturalnej sukcesji teren, na którym prowadzone są tego typu prace, znacznie stopniowo zarastać. Oddziaływanie linii na siedliska cennych gatunków roślin można ograniczyć poprzez zastosowanie np. słupów nadleśnych, co jest praktyką przyjętą w przypadku stanowisk cennych drzewostanów. Przy zastosowaniu takich słupów trwałe zniszczenie siedlisk występuje tylko w miejscach budowy fundamentów *konstrukcji wsporczych*, a więc na stosunkowo niewielkiej powierzchni terenu. Dodatkowo wykonanie szczegółowej inwentaryzacji siedlisk roślin, w tym cennych przyrodniczo, pozwala projektantom wybrać takie miejsca pod fundamenty słupów oraz na lokalizację zaplecza budowy, które zminimalizują zniszczenie siedlisk cennych gatunków roślin.

### Oddziaływania na populacje ptasie i na nietoperze

Kolizje ptaków z przewodami linii elektroenergetycznych, a także ich śmierć w wyniku porażenia prądem są jedynym udokumentowanym znaczącym rodzajem oddziaływania tych linii na *środowisko przyrodnicze* na etapie eksploatacji linii. Ocenia się, że linie elektroenergetyczne są drugim po budynkach i szklanych powierzchniach najpoważniejszym czynnikiem śmiertelności ptaków pochodzenia antropogenicznego. Powodują one większą śmiertelność ptaków niż koty domowe, kolizje z pojazdami czy elektrowniami wiatrowymi [24].

Spośród gatunków żyjących w Polsce szczególnie narażone na kolizje są żurawie, bociany, blaszkodziobe, chruściele, sowy, ptaki szponiaste oraz niektóre gatunki kurowatych. Są to ptaki o dużej rozpiętości skrzydeł, które pomimo doskonałego wzroku są niezdolne do szybkiego manewru umożliwiającego uniknięcie kolizji z przewodami linii lub z jej *konstrukcją wsporczą* (słupem). Niezbyt jeszcze liczne wyniki badań wykonanych w Polsce wskazują, że w przypadku bociana białego napowietrzne kolizje z liniami elektroenergetycznymi są najważniejszą przyczyną śmiertelności tych ptaków. Prowadzone w Polsce badania śmiertelności tego gatunku

Ryzyko	Linia elektroenergetyczna:	
	średniego napięcia	wysokiego i najwyższych napięć
Ryzyko kolizji	niewielkie, jednak realne: 1. nisko zawieszony przewody 2. jednopiętrowe rozmieszczenie przewodów	wysokie: 1. wysoko podwieszony przewody 2. cienki, niewidoczny przewód ogromny 3. piętrowy układ przewodów
Ryzyko porażenia	wysokie: 1. niewielkie odległości pomiędzy przewodami 2. konstrukcja podpór (słupów)	nieznaczne, jednak wciąż realne: 1. długie, podwieszane izolatory 2. duże odległości pomiędzy przewodami

Tabela 9. Rodzaje linii elektroenergetycznych i ich cechy konstrukcyjne wpływające na poziom zagrożenia dla ptaków. Źródło: [24]

powodowanej przez kolizje i porażenia prądem (przede wszystkim z liniami średniego napięcia, na których największe zagrożenie stanowią słupy energetyczne z tzw. rozłącznikami oraz stacje transformatorowe) mówią o 600–650 osobnikach rocznie [25].

Linie elektroenergetyczne ze względu na napięcie i cechy konstrukcyjne stwarzają odmienne zagrożenie kolizji dla ptaków.

Szczególnie wysokie ryzyko kolizji ptaków z liniami elektroenergetycznymi występuje:

1. na obszarach, na których w okresie lęgowym lub podczas migracji ptaki występują szczególnie licznie,
2. w sąsiedztwie terenów podmokłych i bagiennych oraz wzdłuż okolic wybrzeży,
3. w miejscach, gdzie linie elektroenergetyczne przecinają doliny rzeczne, które są trasami migracji ptaków, szczególnie migrujących w nocy.

Dla większości gatunków, których populacja jest bardzo liczna, śmiertelność w wyniku kolizji z liniami elektroenergetycznymi stanowi niewielki odsetek ponad naturalną śmiertelność roczną. Inaczej jest z gatunkami zagrożonymi, których populacja jest nieliczna i kolizje mogą przyczynić się do jej wyginięcia.

Znaczną skuteczność mają oznakowania ostrzegawcze dla ptaków, takie jak spirale czy kule (tzw. ostrzegacze), które są umieszczane na przewodach odgromowych linii elektroenergetycznych. Są one stosowane na tych obszarach, gdzie istnieje podwyższone ryzyko kolizji ptaków z tymi liniami.

Oprócz negatywnego oddziaływania linii elektroenergetycznych dla populacji ptaków występują również oddziaływania pozytywne. Słupy energetyczne są niejednokrotnie wykorzystywane jako miejsca gniazdowania ptaków lub tzw. czatownie, czyli miejsca wypatrywania pożywienia oraz miejsca śpiewu. Wykazano również pozytywny wpływ linii przesyłowych na różnorodność gatunkową ptaków. Obserwacje dowiodły, że na otwartych polach uprawnych zarówno liczba gatunków, jak i obserwowanych osobników była istotnie większa w miejscach przeciętych liniami przesyłowymi niż na terenach rolniczych pozbawionych linii elektroenergetycznych. W Niemczech zaobserwowano wśród par rybołówów gniazdujących na słupach linii najwyższych napięć istotnie wyższy sukces lęgowy (1,65 odchowanych młodych na parę rodziców), w stosunku do par gniazdujących na drzewach (1,32 odchowanych młodych na parę rodziców).

W 2014 roku Lasy Państwowe wspólnie z PSE S.A. zrealizowały inicjatywę umożliwiającą parze rybołówów założenie gniazda dzięki specjalnie zbudowanej przez energetyków platformie (zob. rys. 22). Platforma została umieszczona na jednym ze

słupów linii przesyłowej przebiegającej przez lasy nadleśnictwa Lipka w woj. kujawsko-pomorskim. Lęg zakończył się pełnym sukcesem i trójka młodych wyleciała z gniazda. Dodatkowym atutem było umożliwienie internautom ciągłego obserwowania na stronach internetowych Lasów Państwowych i PSE S.A. pary gniazdujących rybołówów oraz wychowanych przez nie piskląt. W związku z pomyślnie zakończoną inicjatywą rozpoczęto rozmowy z regionalną dyrekcją ochrony środowiska w zakresie ewentualnego umiejscowienia kolejnych platform na infrastrukturze liniowej, umożliwiających gniazdowanie większej liczby par rybołówów.

Z kolei wpływ napowietrznych linii elektroenergetycznych na nietoperze jest jak dotąd bardzo słabo zbadany. Nieliczne dane pochodzące z badań terenowych wskazują, że w pobliżu infrastruktury liniowej aktywność nietoperzy jest niższa niż w analogicznych siedliskach z dala od linii. Jest to spowodowane zarówno osłabioną orientacją w przestrzeni, jak i mniejszą skutecznością polowania na owady. Dotyczy to szczególnie gatunków, które wykorzystują podczas łowów, tzw. nasłuch pasywny, tj. kierują się odgłosami wydawanymi przez latające owady (np. nocek duży czy gacek).

Może to być związane z hałasem lub zakłóceniami pola elektromagnetycznego wywołanymi przez linie wysokiego napięcia. Wykazano, że jednym ze sposobów orientacji w przestrzeni i wybierania właściwego kierunku podczas migracji jest u nietoperzy zdolność wyczuwania pola magnetycznego Ziemi. Zatem napowietrzne linie wysokiego napięcia mogą zaburzać orientację przestrzenną nietoperzy, powodując tzw. efekt bariery. Zakres i skutki tego oddziaływania, biorąc pod uwagę niedostatek wiedzy w tej dziedzinie, są jednak na obecnym etapie badań niemożliwe do określenia. Trudno nawet wyodrębnić grupę gatunków szczególnie wrażliwych na ten rodzaj wpływu. Można przypuszczać, że najbardziej narażone będą nietoperze latające na otwartej przestrzeni, z dala od przeszkód terenowych (np. borowce, mroczki posrebrzane).

**Badania wpływu pól elektrycznych i magnetycznych małej częstotliwości na organizmy i zdrowie ludzi są prowadzone od kilkudziesięciu lat. Nie udało się jak dotąd bezspornie ustalić, by ekspozycja na pola elektryczne i magnetyczne o małych częstotliwościach była przyczyną jakichś chorób, w tym nowotworów. Badania epidemiologiczne populacji zamieszkującej w sąsiedztwie linii elektroenergetycznych również nie dają jednoznacznych wyników.**



Rysunek 22. Widok gniazda rybołówów w nadleśnictwie Lipka.



## Standardy i przepisy prawa przy projektowaniu infrastruktury przesyłowej

Niedostateczny stan wiedzy o możliwych skutkach oddziaływania pola elektrycznego i magnetycznego na zdrowie ludzi miał wpływ na wprowadzenie norm, które w formie rekomendacji lub przepisów prawa ograniczyłyby wielkość ich natężenia na terenach, na których mogą przebywać ludzie. Opracowaniem przepisów w powyższym zakresie zajmują się jednostki, które na podstawie aktualnego stanu wiedzy, m.in. raportów instytucji wymienionych w poprzednim rozdziale, publikują swoje zalecenia co do ograniczeń ekspozycji ludzi na pola generowane przez

linie przesyłowe. Te zalecenia wraz z wnioskami zawartymi w raportach WHO, SCENIHR i innych są podstawą dla ustanawiania indywidualnych standardów, które będą obowiązywać w danym kraju.

Prawo i obowiązujące normy regulują również wiele innych kwestii technicznych obowiązujących projektantów na etapie planowania przebiegu linii przesyłowej, jej projektowania, budowy oraz eksploatacji. Kwestie te zostaną omówione w tym rozdziale.

### Dopuszczalne wartości natężenia pola elektrycznego i magnetycznego

W wielu krajach administracje publiczne ustalają w zapisach prawa i normach dopuszczalne wartości pól elektromagnetycznych, mając na celu zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa dla ludności. Każdy kraj może indywidualnie ustalać dopuszczalne wartości pól elektromagnetycznych. Duży wpływ na to, jakie poziomy pole elektromagnetyczne są uznawane za dopuszczalne, mają rekomendacje czołowych organizacji międzynarodowych, które zajmują się właśnie tymi zagadnieniami. Poniżej wymieniamy kilka spośród najbardziej liczących się organizacji oraz proponowane przez nie standardy. Standardy te są wynikiem wieloletnich prac ośrodków badawczych znajdujących się w wielu krajach.

**Instytut Inżynierów Elektryków i Elektroników** (ang. Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE). Jednym z podstawowych zadań tej organizacji jest ustalanie między innymi standardów i zasad

projektowania urządzeń elektrycznych i elektronicznych oraz wymagań technicznych stawianych takim urządzeniom. W 2002 roku IEEE opublikowało normę dotyczącą bezpieczeństwa ekspozycji ludzi w polach elektromagnetycznych o częstotliwościach od 0 do 3 kHz [26]. Norma ta, traktowana jest w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej jako zalecenie, a nie jako obowiązujący standard. Norma dotyczy kwestii związanych z ochroną ludzi przebywających/pracujących w polach elektromagnetycznych o częstotliwościach od 0 do 3 kHz (kiloherców), odnosząc się do ochrony zarówno ludności, jak i pracowników. Zgodnie z terminologią wykorzystywaną w normach IEEE środowisko, w którym mogą przebywać ludzie, dzielone jest na niekontrolowane i kontrolowane. Środowisko niekontrolowane to środowisko, w którym ludzie mogą przebywać przez czas nieokreślony. Środowisko kontrolowane to środowisko, w którym czas przebywania ludzi jest kontrolowany i uzależniony

od wielkości natężenia pola elektromagnetycznego. Ze środowiskiem kontrolowanym mamy zwykle do czynienia w zakładach pracy.

W wyżej wymienionej normie przyjęto wartości graniczne maksymalnej dopuszczalnej ekspozycji dla ludności w środowisku niekontrolowanym:

Dla pól elektrycznych o częstotliwości 50 Hz – 5 kV/m na granicy trasy wyznaczonej dla linii elektroenergetycznej oraz 10 kV/m jako graniczny poziom ekspozycji dla ludności. Poziom odniesienia dla pól magnetycznych o częstotliwości 50 Hz to 719 A/m.

**Międzynarodowa Komisja Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym** (ang. International Commission on Non-Ionising Radiation Protection – ICNIRP). Wspomniana już w poprzednim rozdziale organizacja niezależnych naukowców opublikowała w 2010 roku zalecenia odnoszące się do ograniczania ekspozycji ludzi w zmiennych polach elektrycznych i magnetycznych o częstotliwościach od 1 Hz do 100 kHz [27]. W zaleceniach tych oparto się na wnioskach wynikających z przeglądu badań naukowych oraz uwzględniono opisane poprzednio, opublikowane przez WHO w 2007 roku Kryteria Zdrowotne Środowiska [17] oraz [18]. Wnioski wynikające z przeglądu literatury naukowej stanowią podstawę przyjętych przez ICNIRP w 2010 roku zaleceń. Zaproponowano następujące wartości poziomów odniesienia:

Poziom odniesienia dla pola elektrycznego o częstotliwości 50 Hz to 5 kV/m, a dla pola magnetycznego o częstotliwości 50 Hz – 160 A/m.

Raporty, rekomendacje i literatura naukowa są uważnie studiowane przez rządy państw, które na ich podstawie ustanawiają przepisy swojego prawa. Dla polskiego czytelnika ważne są dwa dokumenty: zalecenia Rady Europejskiej oraz przytoczone już Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów (Dz.U. Nr 192 poz. 1883) [11].

Zalecenie Rady 1999/519/WE z 12 lipca 1999 roku w sprawie ograniczenia ekspozycji ogółu ludności na pola elektromagnetyczne (od 0 Hz do 300 GHz) [28]

Powyższe zalecenie Rady Europejskiej w sprawie ograniczania ekspozycji ludności w polach elektromagnetycznych o częstotliwościach od 0 Hz do 300 GHz zostało skonstruowane głównie na podstawie zaleceń ICNIRP – Międzynarodowej Komisji Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym [27]. Zalecenie to stanowi jedyny oficjalny akt Unii Europejskiej odnoszący się do kwestii oddziaływań pól elektromagnetycznych. Podkreślić tu należy, że nie została przyjęta żadna dyrektywa Unii dotycząca kwestii oddziaływania pól elektromagnetycznych na zdrowie ludności.

Przedmiotowe zalecenie Rady z 1999 roku określa poziomy odniesienia dla ludności – przy częstotliwościach 50 Hz jest to 5 kV/m dla pola elektrycznego oraz 80 A/m dla pola magnetycznego.

**Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów** (Dz.U. Nr 192 poz. 1883) [11].

Rozporządzenie to określa największe wartości poziomów pól elektrycznych i magnetycznych o częstotliwości 50 Hz, jakie mogą występować na terenach przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową oraz w miejscach dostępnych dla ludności. Na terenach przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową natężenie pola elektrycznego o częstotliwości 50 Hz nie może przekraczać 1 kV/m, a natężenie pola magnetycznego – 60 A/m. W środowisku, w miejscach dostępnych dla ludności natężenie pola elektrycznego o częstotliwości 50 Hz nie może przekraczać 10 kV/m, a natężenie pola magnetycznego – 60 A/m. Przez miejsca dostępne dla ludności należy rozumieć wszelkie miejsca, do których dostęp nie jest zabroniony.

## Normy techniczne obowiązujące napowietrzne linie elektroenergetyczne

Podstawowymi normami technicznymi, jakie muszą spełniać napowietrzne linie elektroenergetyczne, są normy serii PN-EN 50341 [20]. Normy te zawierają szczegółowe zapisy w zakresie wymagań stawianych konstrukcjom napowietrznych linii elektroenergetycznych. Odnoszą się do nowych napowietrznych linii elektroenergetycznych o napięciu znamionowym wyższym niż 1 kV i częstotliwości prądu przemiennego poniżej 100 herców (Hz), dlatego wszystkie nowe linie elektroenergetyczne budowane w Polsce muszą spełniać wymagania określone w tej normie. Norma opisuje podstawy i ogólne zasady projektowania linii elektroenergetycznych, w tym także wymagania podstawowe, jakim konstrukcje te muszą odpowiadać. Normy serii PN-EN 50341 [20] określają między innymi najmniejsze dopuszczalne odległości elementów linii znajdujących się pod napięciem od dachów domów, dróg i miejsc przebywania ludzi. Specyfikują one ponadto wymagania dotyczące nie tylko konieczności spełnienia warunków

technicznych ustalonych przez operatora, lecz także zobowiązują do przyjęcia takich rozwiązań organizacyjnych, które minimalizują ryzyko narażenia na katastrofę mogącą nastąpić w wyniku uszkodzenia w konkretnej części linii. Spełnienie powyższych wymagań przez operatora jest bardzo ważne również dla wszystkich „sąsiadów” linii, ponieważ zapewnia bezpieczeństwo ludzi w zakresie ewentualnych obrażeń lub utraty życia podczas realizacji inwestycji obejmujących budowę linii, a także podczas jej późniejszej eksploatacji.

**Polska przyjęła do stosowania normy bezpieczeństwa, które są bardziej rygorystyczne niż w większości innych państw na świecie. Istniejące i wykorzystywane standardy oraz przepisy służące ochronie przed polami elektrycznymi i magnetycznymi, których źródłami są napowietrzne linie elektroenergetyczne najwyższych napięć, zostały opracowane i są aktualizowane przy wykorzystaniu wyników badań naukowych prowadzonych od kilkudziesięciu lat przez czołowe instytucje w tej dziedzinie.**

## Dlaczego w naszej gminie? Planowanie, budowa i uruchamianie linii najwyższych napięć

Trwały i zrównoważony rozwój gospodarczy Polski jest najważniejszym celem współczesnego pokolenia Polaków. Wreszcie tak się ułożyły fale historii, że stało się to możliwe i politycznie, i ekonomicznie. Nie możemy tej szansy zmarnować. Od czego trzeba zacząć? Od wyboru właściwych priorytetów politycznych i od planowania strategicznego. Gospodarka to twór niesłychanie skomplikowany, dotykający wielu dziedzin naszej działalności: od zasobów surowców aż do produktów konsumpcyjnych, które kupujemy w sklepach. Już pisaliśmy, jak ważną rolę w gospodarce odgrywa tania i wszędzie dostępna energia. W tym rozdziale dowiemy się, jaki związek ma ten wielki pokoleniowy plan z linią przesyłową, która będzie przebiegać w naszej gminie, być może w pobliżu miejsca, gdzie mieszkamy. Pokażemy, jak system różnego szczebla polityki, programów i planów – od krajowego aż do miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego naszej

gminy – organizuje rozwój infrastruktury. Dowiemy się, jak inżynierowie, ekonomiści, przyrodnicy i planiści dokonują analiz różnych wariantów przebiegu linii, przygotowując administracji publicznej możliwość podejmowania optymalnych decyzji, uzasadnionych rachunkiem technicznym i ekonomicznym oraz możliwych do zaakceptowania przyrodniczo i społecznie. Zobaczymy w końcu, że społeczne zaangażowanie w ten proces jest możliwe i potrzebne, że społeczeństwo ma wpływ na ostateczny kształt przedsięwzięcia infrastrukturalnego, jakim jest linia elektroenergetyczna, które jest dzięki temu lepsze i możliwe do zaakceptowania przez większość zainteresowanych osób. Ostateczny kształt linii elektroenergetycznej najwyższych napięć i jej lokalizacja są zawsze kompromisem uwzględniającym zamierzenia reprezentującego interes publiczny inwestora, oczekiwania lokalnych społeczności i konieczność ochrony środowiska.

### Od polityki rozwoju kraju do planu rozwoju sieci przesyłowej

Energetyka jest gałęzią gospodarki, która ma ogromny wpływ na wszystkie inne jej działy, grupy i gałęzie przemysłu. Cele strategiczne rozwoju energetyki oraz jej infrastruktury przesyłowej i dystrybucyjnej opisane zostały w Długookresowej Strategii Rozwoju Kraju [29]. Strategia ta przyjęta w 2013 roku przez Radę Ministrów w rozdz. 4 w dziale „Bezpieczeństwo energetyczne i środowisko” precyzuje stawiane energetyce cele do osiągnięcia do 2030 roku:

1. stopniowe zmniejszanie (do ok. 50–60% w 2030 roku) udziału węgla kamiennego i brunatnego w ogólnym bilansie energetycznym Polski,

2. odnawialne źródła energii staną się drugim najważniejszym źródłem dla elektroenergetyki – docelowo 19% w 2020 roku,

3. energetyka jądrowa będzie rozwijana, jest bowiem jednym z najlepszych rozwiązań łączących długofalowe bezpieczeństwo i stabilność dostaw energii elektrycznej.

Jednocześnie strategia precyzuje kierunkowe działania zmierzające do modernizacji sieci elektroenergetycznych i ciepłowniczych, zwracając uwagę na ułatwienie procesów inwestycyjnych. Realizacja celu polegającego na zapewnieniu



bezpieczeństwa energetycznego oraz ochrony i poprawy stanu środowiska, ujętego w Długookresowej Strategii Rozwoju Kraju, w kontekście modernizacji sieci elektroenergetycznych i ciepłowniczych ma nastąpić poprzez:

1. Ułatwienie procesów inwestycyjnych.
2. Rozbudowę i modernizację sieci dystrybucyjnych i przesyłowych oraz wymianę ich przestarzałych elementów.
3. Budowę wysokosprawnych i niskoemisyjnych elektrowni i elektrociepłowni (z uwzględnieniem energetyki rozproszonej).

Podstawowym dokumentem planistycznym szczebla krajowego jest przyjęta 13 grudnia 2011 roku Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030 (KPZK) [7]. W dziale V Konceptji sprecyzowano plan inwestycji w zakresie krajowej sieci przesyłowej.

Przyjętą przez Radę Ministrów KPZK Prezes Rady Ministrów przedstawia Sejmowi RP. Konceptcja staje się podstawą do sporządzenia programów rządowych, które zawierają listy *inwestycji celu publicznego* o znaczeniu krajowym. Jest to bardzo ważna kategoria inwestycji, która została szerzej opisana w dalszej części publikacji.

Dokumenty strategiczne, takie jak KPZK, powstają od samego początku we współpracy z instytucjami odpowiedzialnymi za realizację inwestycji w poszczególnych działach gospodarki czy gałęziach przemysłu oraz z zarządami i samorządami województw. W kwestiach dotyczących rozwoju systemu przesyłowego partnerem dla instytucji rządowych są PSE S.A. W ramach planowania długookresowego sporządzają one plan rozwoju sieci przesyłowej (PRSP), który musi być zgodny z KPZK i stanowi jego rozwinięcie.

Rozwijające się gospodarka i osadnictwo stwarzają sytuację, kiedy konieczne staje się wybudowanie linii elektroenergetycznej, która nie została wcześniej zaplanowana w KPZK. Inwestycje takie

wprowadza się do dokumentów planistycznych szczebla krajowego przy kolejnej ich modyfikacji, a do tego czasu są traktowane jako inwestycje celu publicznego o znaczeniu krajowym.

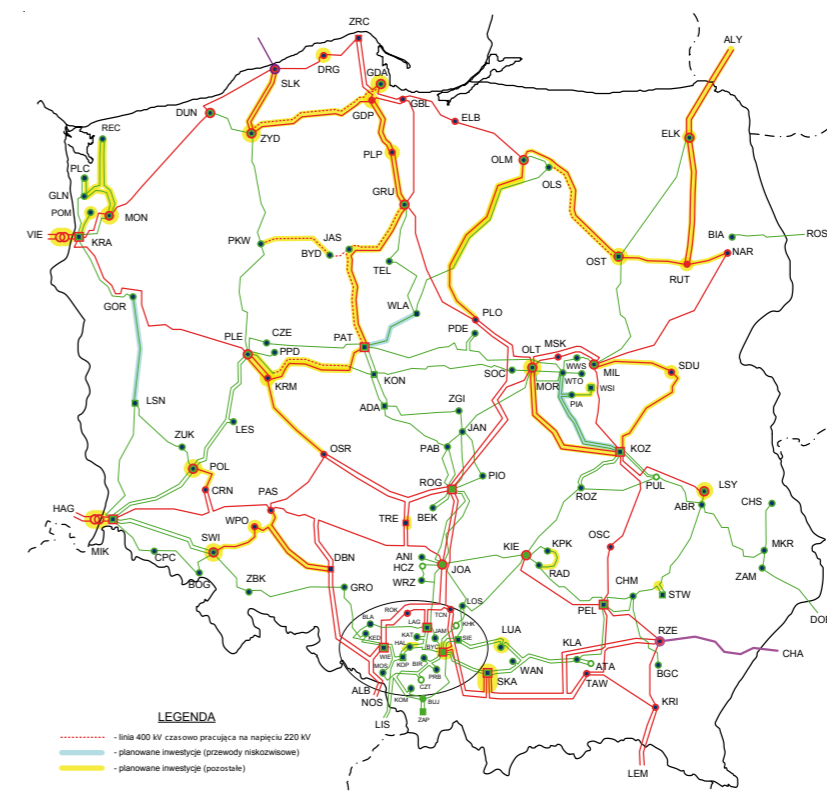
Na podstawie analizy funkcjonowania *systemu elektroenergetycznego* oraz analizy przewidywanych potrzeb, w tym potrzeb wynikających z prognozowanego zapotrzebowania na energię elektryczną oraz prognozowanego powstawania nowych źródeł energii elektrycznej, a także na podstawie danych określających potrzebne zdolności przesyłowe linii ustala się, jakie napięcie znamionowe powinna mieć każda nowa linia i czy będzie to linia jednotorowa czy wielotorowa. Na wybór napięcia znamionowego nowej linii ma także wpływ to, jakie napięcia znamionowe mają linie i stacje elektroenergetyczne w miejscach systemu, które nowa linia ma połączyć.

Po ustaleniu, jakie miejsca systemu mają zostać połączone nową linią elektroenergetyczną, i uzgodnieniu, jakie będzie napięcie znamionowe linii oraz ile linia ma mieć torów (przewodów), inwestycja zostaje wprowadzona do planu rozwoju sieci przesyłowej. Gotowy Plan musi być zatwierdzony przez prezesa Urzędu Regulacji Energetyki.

Zatwierdzony plan rozwoju Sieci Przesyłowej (zob. rys. 23) stanowi dla PSE S.A. podstawę do opracowania planu inwestycyjnego dla perspektywy średniookresowej, a następnie na jego podstawie opracowywany jest plan inwestycji rzeczowych na dany rok kalendarzowy, będący planem realizacyjnym. Zadania inwestycyjne ujęte w powyższych planach obejmują między innymi budowę, rozbudowę i modernizację linii i stacji elektroenergetycznych. Przy określaniu priorytetów w zakresie ich realizacji bierze się pod uwagę przede wszystkim zadania inwestycyjne wskazane przez polski rząd (np. plany budowy nowych źródeł mocy) oraz dostępne środki finansowe, pochodzące z taryfy PSE S.A. zatwierdzonej przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki oraz funduszy pochodzących z dofinansowań ujętych w programach Unii Europejskiej.

Inwestycje	Liczba inwestycji zakończonych (szt.)		
	do 2015	2016–2020	2021–2030
Linie przesyłowe 400 kV	20	11	18
Stacje elektroenergetyczne 400 kV	28	13	13
Linie przesyłowe 220 kV	5	2	2
Stacje elektroenergetyczne 220 kV	5	–	–

Tabela 10. Liczba inwestycji dotyczących budowy i rozbudowy sieci przesyłowej najwyższych napięć do roku 2030. Źródło: Konceptcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030 [7].



Rysunek 23. Plan rozwoju sieci przesyłowej w Polsce z wyróżnionymi inwestycjami w latach: 2010–2015. Źródło: Konceptcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030 [7].

W początkowym etapie fazy przedinwestycyjnej bardzo ważna jest współpraca inwestora z urzędami marszałkowskimi województwa, przez które planowane jest poprowadzenie linii przesyłowej. Celem jest rzetelne przygotowanie dokumentacji przedinwestycyjnej.

Każda nowo planowana linia i *stacja elektroenergetyczna*, nawet ta, która jeszcze nie została wprowadzona do KPZK, jest inwestycją celu publicznego o znaczeniu krajowym. Ta kategoria inwestycji, ze względu na swoje znaczenie, podlega przepisom ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, które określają sposób jej realizacji [30]. Zapisy powyższej ustawy zapewniają inwestorowi uzyskanie zgody na realizację inwestycji celu publicznego ze strony jednostek samorządowych, które są odpowiedzialne za wprowadzenie jej do dokumentów planowania przestrzennego. Uwzględnienie inwestycji celu publicznego w dokumentach planistycznych jest wynikiem uzgodnień z daną jednostką samorządową w celu

osiągnięcia kompromisu, np. dotyczącego ostatecznego przebiegu trasy linii najwyższych napięć na terenie województwa czy też poszczególnych gmin.

W przypadku niektórych inwestycji, PSE S.A. mogą także skorzystać z przepisów Ustawy z dnia 24 lipca 2015 r. o przygotowaniu i realizacji strategicznych inwestycji w zakresie sieci przesyłowych [31]. W związku z faktem, iż stosowanie wskazanego w ustawie modelu realizacji i lokalizacji przedsięwzięć nie jest obligatoryjne dla inwestora oraz jest ograniczone do ściśle wskazanych 23 inwestycji, poniżej przedstawiona zostanie standardowa procedura realizacji przedsięwzięć zgodnie z powszechnie stosowanym modelem wynikającym z przepisów ogólnych.

Poza powyższymi ułatwieniami inwestora obowiązują takie same przepisy prawa jak w przypadku realizacji innych inwestycji budowlanych, w tym oczywiście przepisy ochrony środowiska.

## Planujemy nową linię najwyższych napięć

W pierwszej kolejności inwestor musi wprowadzić inwestycję do planów zagospodarowania przestrzennego województwa (PZPW) oraz do studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego (SUIKZP) gmin, przez których tereny ma przebiegać planowana linia. Ważnym dokumentem wskazującym optymalną trasę przebiegu linii jest studium wykonalności, w którym poddaje się analizie różne *warianty i trasy realizacji przedsięwzięcia* w celu wyboru wariantu optymalnego, a po konsultacjach z interesariuszami<sup>7</sup> – kompromisowego. Inwestor wie doskonale, że nie może decydować o trasie linii sam. To, co dla niego jest optymalne, może być trudne do zaakceptowania dla samorządów, interesariuszy czy dla władz ochrony środowiska. Już na tym etapie inwestor określa interesariuszy projektu i opracowuje program komunikacji i partycypacji (uczestnictwa), w którym opisuje sposób konsultowania z nimi swoich zamierzeń inwestycyjnych.

<sup>7</sup> Ten termin przyjęto do określenia strony społecznej zainteresowanej projektem. Mogą to być: społeczności lokalne oraz regionalne wraz z reprezentującymi je samorządami, pozarządowe organizacje ekologiczne, stowarzyszenia profesjonalne, a nawet osoby indywidualne. Może to być każdy, kto wyrazi zainteresowanie projektem.

Procedura wyboru wariantu kompromisowego z udziałem społeczeństwa

1. Utworzenie zbioru możliwych wariantów realizacji przedsięwzięcia – skonsultowanie go z interesariuszami.
2. Utworzenie zbioru kryteriów (funkcyjnych, ekonomicznych, przyrodniczych i społecznych), które zostaną użyte do oceny wariantów – skonsultowanie ich z interesariuszami.
3. Wybranie sposobu określenia wartości tych kryteriów.
4. Wybranie wag, które zostaną przyporządkowane grupom kryteriów i poszczególnym kryteriom – skonsultowanie ich wartości z interesariuszami.

5. Wykorzystanie analizy wielokryterialnej, by stworzyć ranking wariantów od najlepszego (optymalnego) do najgorszego.

6. Przedstawienie wyników analizy interesariuszom i wybranie rozwiązania kompromisowego.

7. Podjęcie decyzji o wyborze wariantu.

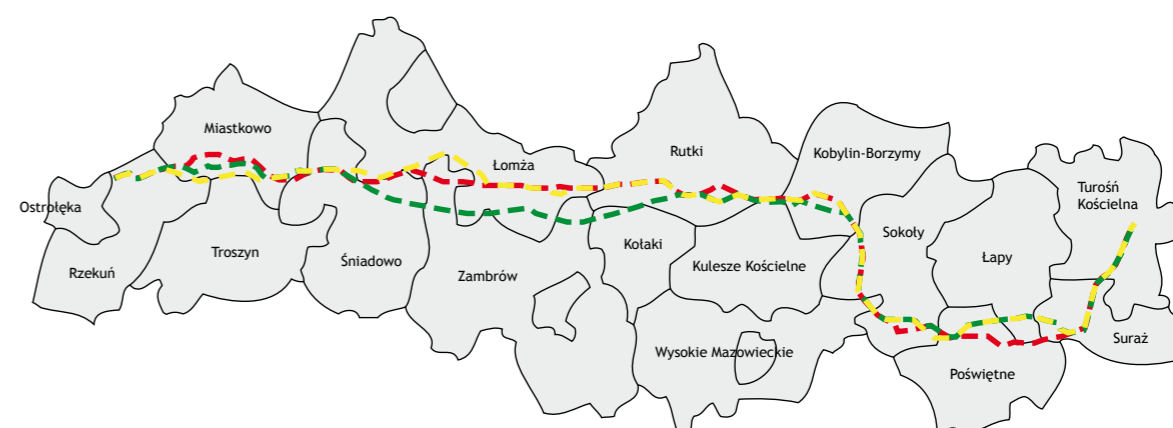
### Warianty realizacji linii przesyłowej

Dla każdej inwestycji liniowej opracowywanych jest kilka wariantów jej przebiegu (zob. rys. 24). Z planu rozwoju sieci przesyłowej wynika, czy będzie to linia przesyłowa o napięciu 400 kV, czy 220 kV, jednotorowa czy wielotorowa. Teraz należy wybrać rodzaj konstrukcji słupów, przewodów fazowych, izolatorów oraz pozostałych jej elementów, aby możliwe było wstępne zaproponowanie rozwiązań technicznych linii. Na tym etapie z reguły nie można jeszcze rozstrzygnąć ostatecznie, jakie rozwiązania trzeba będzie przyjąć. Różnią się one pomiędzy sobą kosztami, oddziaływaniem na środowisko i na krajobraz. Pozostawiamy je jako *warianty techniczne*. Drugą ważną kwestią są *warianty lokalizacyjne*, czyli to, którędy linia ma przebiegać. Projektanci tak starają się wytyczyć przebieg linii, by uniknąć zbliżeń do zabudowy mieszkaniowej. Niestety jest to bardzo trudne z uwagi na

stopień urbanizacji naszego kraju i prawie nigdzie w Polsce nie jest to możliwe. W pobliżu dużych miast i aglomeracji miejskich, gdzie tereny są silnie zurbanizowane, a infrastruktura bardzo zagęszczona, problemy te jeszcze się zwielokrotniają.

Przy projektowaniu linii bierze się pod uwagę ukształtowanie terenu, bowiem linię przesyłową nie wszędzie da się zbudować. Trasa linii elektroenergetycznej nie może mieć w terenie zbyt wielu załamań, ponieważ nie tylko wydłużają one trasę linii, ale również wpływają na nadmierny wzrost kosztów jej budowy. Ponadto im trasa linii jest dłuższa tym większe są straty przesyłu energii, przez co staje się ona droższa dla końcowego odbiorcy.

Do planowania przebiegu trasy linii przesyłowych wykorzystuje się Geograficzne Systemy Informacyjne – cyfrowe mapy terenu, zawierające informacje przedstawione w postaci poszczególnych „warstw” w zależności od kategorii zagospodarowania terenu. Dodatkowo na etapie projektowania szuka się najmniej kolizyjnych przebiegów linii. Wiadomo, że łatwiej jest lokalizować planowaną linię przesyłową wzdłuż innej infrastruktury liniowej, np. szlaków kolejowych czy dróg ekspresowych. Należy jednak pamiętać, że nie ma wariantu lokalizacji linii, który jest całkowicie wolny od kolizji, dlatego właśnie proponuje się kilka wariantów lokalizacji dla tej samej linii.



Rysunek 24. Warianty lokalizacji linii przesyłowej 400 kV Narew–Łomża–Ostrołęka. Źródło: PSE S.A.

Warianty przebiegu linii powstają w ścisłej współpracy z wojewódzkimi władzami samorządowymi, ponieważ nawet najlepsza mapa cyfrowa terenu nie zawiera planów rozwoju regionów i gmin oraz planów ich przyszłego zagospodarowania przestrzennego, które muszą być przeanalizowane przy wyborze optymalnej trasy linii. Szukanie kompromisu zaczyna się zatem już na samym początku. Na tym etapie dobrze jest zaangażować również i samorządy gminne, a także w przypadku planowanych przebiegów przez tereny cenne przyrodniczo – pozarządowe organizacje ekologiczne, które bardzo często mogą być wartościowym źródłem wiedzy o lokalnych walorach i formach ochrony środowiska naturalnego.

#### Kryteria oceny wariantów

Przez wzgląd na różną wagę poszczególnych kryteriów dla inżynierów, samorządów reprezentujących społeczności lokalne czy dla ekologów projektanci najpierw sporządzają listę kryteriów z podziałem na grupy:

1. Kryteria funkcjonalno-techniczne (np. długość linii, liczba słupów, liczba słupów narożnych, liczba słupów nadleśnych, liczba słupów z problemami fundamentowania).
2. Kryteria ekonomiczne (np. planowany poziom nakładów inwestycyjnych, koszty demontaży i ewentualnych wyburzeń, IRR, NPV<sup>8</sup>, koszty odszkodowań za utratę wartości nieruchomości).
3. Kryteria środowiska przyrodniczego (np. długość przecięcia obszaru Natura 2000, długość przecięcia parku krajobrazowego, liczba kolizji z cennymi gatunkami roślin, liczba kolizji z chronionymi gatunkami ptaków, waloryzacja przyrodnicza).
4. Kryteria środowiska społecznego (np. liczba osób zamieszkujących w korytarzu linii przesyłowej o szer. 1 000 m, liczba osób zamieszkujących w korytarzu linii przesyłowej o szer. 200 m, liczba domów do wyburzeń, powierzchnia gruntów I i II

8) IRR – wewnętrzna stopa zwrotu, NPV – wartość bieżąca netto – powszechnie używane parametry ekonomiczne określające opłacalność finansową i ekonomiczną inwestycji.

klasy zajęta pod fundamenty, długość przecięcia lasów).

Ważne jest, by kryteria nie były od siebie zależne, tylko różnicujące (tj. przyjmowały istotnie różne wartości dla różnych wariantów), a także by zbiór kryteriów obrazował wszystkie aspekty konfliktów inwestycji z jej otoczeniem. Mając już kryteria oceny wariantów, projektanci dokonują obliczenia ich wartości.

#### Wybór wariantu kompromisowego

W tej fazie podejmowania decyzji należy przypisać wagę poszczególnym kryteriom. Często wagi te wybiera się w skali od 0 do 10. Jeżeli jakieś kryterium jest bardzo ważne, przypisuje się mu wagę 10, jeżeli jest nieistotne, otrzymuje wagę 0. Przypisane do poszczególnych kryteriów wagi warto skonsultować z interesariuszami.

Powyższe dane potrzebne są inwestorowi do wykonania analizy zwanej *analizą wielokryterialną*. Jej wynikiem jest uszeregowanie proponowanych wariantów inwestycji od najkorzystniejszego do najmniej korzystnego. Najkorzystniejszy z wariantów okazuje się często optymalny zarówno dla inwestora, jak i interesariuszy i stanowi propozycję wariantu kompromisowego dla obu stron. Wariant ten zostaje zaprezentowany samorządom i ewentualnie innym interesariuszom wraz z uzasadnieniem jego wyboru. Zdarza się, że następny w kolejności wariant niewiele się różni od wariantu uznanego za optymalny, wówczas stanowi on pole do rokowań z interesariuszami strony społecznej. W ten sposób wybiera się ostateczny wariant kompromisowy, zgodnie z którym planowana linia przesyłowa zostaje wprowadzona do planu zagospodarowania przestrzennego województwa (PZPW) (dla każdego z województw, przez które przebiegać będzie planowana linia). Następnie przystępuje się do wprowadzenia inwestycji do SUIKZP gmin, a w dalszej kolejności do uzyskania decyzji lokalizacyjnej w każdej z gmin poprzez wprowadzenie inwestycji do MPZP danej gminy lub uzyskiwanie decyzji o lokalizacji inwestycji celu publicznego (ULICP).

#### Udział społeczeństwa w fazie planowania rozwoju infrastruktury przesyłowej

Krajowe i europejskie regulacje nie nakładają na inwestora zapewnienia udziału społeczeństwa na etapie opracowywania koncepcji i studium wykonalności. Etap prac, poprzedzający samą inwestycję, obejmujący przygotowywanie koncepcji i studium wykonalności prowadzi do wybrania wariantów budowy linii elektroenergetycznej i wynika z dobrych praktyk inwestora. PSE S.A. doskonale rozumieją, jak ważne jest uwzględnienie postulatów zainteresowanej strony społecznej i już na wczesnym etapie planowania inwestycji prowadzą program komunikacji społecznej. Wynika to z dobrych praktyk inwestora.

Program Komunikacji i Partycypacji Społecznej (KIPS) jest korzystny dla inwestora, ponieważ:

1. pozwala mu uzyskać informacje o problemach dotyczących lokalizacji inwestycji,
2. pozwala mu rozpoznać konflikty interesów i uzyskać szansę ich rozwiązania,
3. ma szansę przekonania większości oponentów,
4. ma szansę zmodyfikować projekt we wczesnej fazie decyzyjnej, gdy nie powoduje to jeszcze strat i opóźnień budowy linii,
5. pozwala przeprowadzić analizę całego otoczenia inwestycyjnego w tym wszystkich grup interesariuszy,
6. pozwala uzyskać informacje o oczekiwaniach stron, dotyczących lokalizacji inwestycji,
7. pozwala przedstawić zakres inwestycji i jej korzyści dla interesariuszy.

Opisana poprzednio procedura lokalizacji linii przesyłowej dotyczy często linii o długości 100 lub więcej kilometrów, która przebiega w zależności od wariantu przez dwa lub trzy województwa i przez nawet kilkadziesiąt gmin. Bezpośrednie konsultacje z mieszkańcami, których może być w sąsiedztwie zaproponowanych wariantów linii przesyłowej kilkadziesiąt tysięcy, na tym etapie nie są możliwe choćby ze względów logistycznych, dlatego ich interesy są reprezentowane przez samorządy lokalne, wybierane w wyborach bezpośrednich. W polskim systemie władzy samorządy mają bardzo duże uprawnienia. Instytucje rządowe mogą wpływać na decyzje samorządów w ściśle określonych prawem przypadkach. Do przywilejów samorządu należą m.in. samodzielne decydowanie o zagospodarowaniu przestrzennym jego terenów. Społeczności lokalne biorą z kolei bezpośredni udział w ostatecznym wyborze wariantu kompromisowego na etapie przygotowania inwestycji w każdej z gmin.

W fazie realizacji inwestycji procedury przyjęte przez inwestora zakładają przeprowadzenie szerokiej akcji informacyjnej, również w poszczególnych gminach. Ważnymi interesariuszami są organizacje o charakterze stowarzyszeń, np. promujących rozwój regionów. Działający w tych organizacjach aktywni przedstawiciele społeczności lokalnych, uczestnicząc w ich pracach, mogą zapewnić sobie udział w procedurze wyboru wariantu realizacji inwestycji.

## Zanim rozpocznie się budowa

W fazie przedinwestycyjnej inwestor określił podstawowe parametry techniczne planowanej inwestycji i przeanalizował różne warianty jej realizacji. Konsultował je z partnerami strony społecznej, podjął decyzję o wyborze wariantu kompromisowego i wprowadził go do PZPW w województwach i do SUIKZP w gminach. Zanim możliwe będzie rozpoczęcie robót budowlanych, konieczne jest przygotowanie wielu dokumentów i uzyskanie kilkunastu decyzji administracyjnych, w tym wprowadzenie inwestycji do MPZP gmin lub uzyskanie decyzji ULICP oraz uzyskanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach. To właśnie na etapie ich uzyskiwania bardzo ważne są kolejne fazy komunikacji z lokalnymi społecznościami. Proces ten aż do uzyskania pozwolenia na budowę potrwa co najmniej trzy lata, a zwykle dłużej, i pochłonie niemałą część nakładów przeznaczonych na realizację inwestycji. Istotny wpływ na jego przebieg mają obowiązujące procedury administracyjne. Są one niestety ciągle jeszcze zbyt długie i uciążliwe dla inwestora.

Przy tak ogromnym programie rozbudowy sieci przesyłowej w Polsce, polegającym na realizacji wielu nowych linii najwyższych napięć i stacji elektroenergetycznych, konieczny jest wybór wykonawców, którzy zrealizują inwestycję w sposób kompleksowy, tj. przeprowadzą inwestycję przez wyboistą drogę procedur administracyjnych aż do uzyskania pozwolenia na budowę oraz fizycznie zrealizują prace przewidziane w ramach inwestycji. PSE S.A. wprowadziły kryteria wyboru podwykonawców odpowiedzialnych za opracowanie i prowadzenie komunikacji społecznej.

Procedura przygotowania inwestycji i realizacji linii elektroenergetycznej

1. Przygotowanie i przeprowadzenie programu komunikacji społecznej w każdej z gmin.
2. Uzyskanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach.

3. Uzyskanie decyzji lokalizacyjnej dla zadania inwestycyjnego w każdej z gmin.
4. Uzyskanie prawa do dysponowania nieruchomościami na cele budowlane od wszystkich właścicieli.
5. Uzyskanie decyzji o zmianie przeznaczenia gruntów na nierolne i nieleśne.
6. Uzyskanie decyzji o wyłączeniu gruntów z produkcji rolnej i leśnej.
7. Uzyskiwanie zgód na wycinki leśne i wycinkę pojedynczych drzew.
8. Uzyskiwanie zgód na umieszczenie obiektów inwestycji w pasie drogowym.
9. Rozwiązywanie ew. problemów badań archeologicznych.
10. Uzyskanie pozwolenia na budowę dla zadania inwestycyjnego.
11. Ustanowienie pasa technologicznego.
12. Po wybudowaniu linii elektroenergetycznej uzyskanie pozwolenia na użytkowanie obiektu elektroenergetycznego.

### Komunikacja i partycypacja społeczna na terenie gminy

Na etapie przygotowania inwestycji do realizacji inwestor lub wykonawca opracowują studium wykonalności, w ramach którego w celu wypracowywania wariantów tras mają bezpośredni kontakt ze społecznością lokalną, która może w przyszłości mieszkać w sąsiedztwie planowanej linii elektroenergetycznej. W przypadku gdy od wskazania wariantu rekomendowanego w studium wykonalności i wprowadzenia go do SUIKZP minęło niewiele czasu, plany lokalizacji linii elektroenergetycznej będą aktualne.

Społeczność lokalna ma świadomość budowy nowej linii. Zarówno procedura wprowadzania zmian do istniejącego SUIKZP, jak i uchwalenie nowego studium podlegają strategicznej ocenie oddziaływania na środowisko i zapewniają społeczności danej gminy udział w tym procesie.

Jeśli jednak sporządzona przed laty dokumentacja planistyczna dla danego obszaru przestała być aktualna, inwestor musi przeprowadzić na nowo procedurę wyboru lokalizacji linii przesyłowej. Zwykle dotyczy to jedynie tych odcinków linii, na których jej realizacja okazała się niemożliwa w poprzednim kształcie.

Miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego (MPZP) – a tam, gdzie nie zostały one uchwalone – SUIKZP – mają ogromne znaczenie zarówno dla społeczeństwa, jak i dla władz gminnych. MPZP jest prawem miejscowym i tym samym swoistą gwarancją, na podstawie której planuje się swoje inwestycje – mieszkańcy budowę lub rozbudowę domów, przedsiębiorcy rozwój swoich firm, władze gminy – wytyczenie dróg i zagospodarowanie terenu zgodnie z planami rozwoju regionu.

Wcześniejsze umieszczenie trasy nowej linii elektroenergetycznej w planach zagospodarowania przestrzennego gmin zapewnia rezerwację terenu pod realizację inwestycji. Inwestor zamierzający zrealizować inwestycję ponadlokalną w pierwszej kolejności ustala jej przebieg zgodnie z istniejącą w planach zagospodarowania przestrzennego rezerwacją terenu. Jeśli takiej możliwości nie ma, inwestor zleca opracowanie nowego studium wykonalności. W takim przypadku niestety dużo trudniej o znalezienie rozwiązania kompromisowego. Ludzie pytają: Dlaczego w naszej gminie? Organizują komitety protestacyjne, a władze gmin często podlegają ogromnym naciskom swoich wyborców. Z tego właśnie względu tak ważne są podstawowe zasady zapewnienia udziału społeczeństwa w procesie inwestycyjnym poprzez zapewnienie pełnej, przejrzystej informacji o planowanej inwestycji.

W przypadku możliwości realizacji przebiegu linii elektroenergetycznej z wykorzystaniem zarezerwowanego dla niej w SUIKZP pasa terenu inwestor zwykle traktuje przedmiotowy pas terenu jako korytarz, w którego obrębie możliwe są pewne modyfikacje lokalizacji inwestycji. W obrębie tego korytarza inwestor akceptuje propozycje zmian przebiegu linii, np. by odsunąć ją od zabudowy mieszkaniowej. W fazie konsultacji ze społecznościami lokalnymi inwestor dokonuje w miarę możliwości ewentualnych korekt przebiegu trasy linii elektroenergetycznej.

Światowe praktyki dowodzą, że często uzgodniony z samorządami i innymi interesariuszami wariant linii nie uzyskuje akceptacji zamieszkujących w jej sąsiedztwie społeczności, wskazującej teren innej gminy jako lepszy wariant. Takie podejście lokalnych społeczności otrzymało już swoją nazwę: NIMBY, z ang. Not In My Backyard – nie przez moje podwórko. Takie podejście może wynikać z obaw związanych z ewentualną uciążliwością realizowanej inwestycji. W tej sytuacji inwestor powinien spokojnie wyjaśnić, że były rozważane różne warianty przebiegu planowanej inwestycji i że wybrany wariant jest kompromisowy.

### Decyzja środowiskowa

Bardzo ważnym krokiem w procedurze przygotowania inwestycji przesyłowej do realizacji jest uzyskanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach – dla zadania inwestycyjnego. Decyzja taka jest zwana w skrócie decyzją środowiskową, a jej wydanie poprzedza przeprowadzenie procedury określonej w Ustawie z dnia 3 października 2008 roku o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz.U. Nr 199, poz. 1227 ze zm.) [32].

Organem wydającym decyzję środowiskową w przypadkach linii elektroenergetycznych jest najczęściej regionalny dyrektor ochrony środowiska (RDOŚ), a w przypadku stacji elektroenergetycznych – wójt, burmistrz lub prezydent miasta.

W przypadku przedsięwzięć mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko procedura oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko jest obligatoryjna. W przypadku przedsięwzięć mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko o konieczności przeprowadzenia oceny oddziaływania decydują właściwe organy administracji. Kwalifikacji przedsięwzięć dokonuje się zgodnie z kryteriami określonymi w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko [33]. Ocena oddziaływania wymaga udziału społeczeństwa.

Do przedsięwzięć mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko zaliczone zostały stacje elektroenergetyczne lub napowietrzne linie elektroenergetyczne o napięciu znamionowym nie mniejszym niż 220 kV, o długości nie mniejszej niż 15 km zgodnie z § 2 ust. 1 tego rozporządzenia. Z kolei przedsięwzięciami elektroenergetycznymi mogącymi potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko, dla których sporządzenie raportu może być wymagane są zgodnie z § 3 ust. 1 tego rozporządzenia: 7) stacje elektroenergetyczne lub napowietrzne linie elektroenergetyczne, o napięciu znamionowym nie mniejszym niż 110 kV, inne niż wymienione w § 2 ust. 1 pkt 6". Dla przedsięwzięć tych wymagane jest sporządzenie karty informacyjnej przedsięwzięcia. To na podstawie tego dokumentu organy orzekają o konieczności przeprowadzenia procedury oceny oddziaływania na środowisko, w ramach której sporządzany jest raport OOS, lub o odstąpieniu od tego wymogu. Na potrzeby procedury oceny oddziaływania na środowisko sporządzany jest raport OOS.

W przypadkach ustalania lokalizacji, projektowania i budowy napowietrznych linii elektroenergetycznych najwyższych napięć, czyli 220 kV i 400 kV, tylko linie o napięciu 220 kV mogą być traktowane jako mogące potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko pod warunkiem, że ich długość będzie mniejsza niż 15 km. Ustalenie, czy projektowana inwestycja będzie przedsięwzięciem zawsze znacząco oddziałyującym na

środowisko, czy też potencjalnie znacząco oddziałyującym na środowisko, nazywane jest przeprowadzeniem kwalifikacji takiego przedsięwzięcia (tzw. screeningu). Karta informacyjna jest przedkładana organowi ochrony środowiska, który przeprowadza procedurę oceny oddziaływania na środowisko.

Podstawę merytoryczną procedury oceny oddziaływania na środowisko stanowi raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko. Zakres raportu jest ustalony w ustawie. Konieczne jest przedstawienie w raporcie oddziaływania na środowisko poniższych wariantów:

1. wariantu proponowanego przez inwestora oraz racjonalnego wariantu alternatywnego,
2. wariantu najkorzystniejszego dla środowiska, wraz z uzasadnieniem ich wyboru.

Wariant proponowany przez inwestora lub racjonalny wariant alternatywny mogą być jednocześnie wariantem najkorzystniejszym dla środowiska. Należy podkreślić, że inwestor nie jest zobowiązany do realizacji wariantu najkorzystniejszego dla środowiska.

Fazę programu KiPS polegającą na modyfikacjach przebiegu wariantu kompromisowego należy zakończyć stosunkowo wcześnie, ponieważ ocena oddziaływania na środowisko musi już dotyczyć ściśle ustalonego przebiegu linii, dla którego przeprowadza się inwentaryzację przyrodniczą i sporządza raport OOS.

Gotowy raport OOS przedłożony zostaje wraz z wnioskiem o wydanie decyzji środowiskowej właściwemu organowi ochrony środowiska. Organ przeprowadza konsultacje społeczne obejmujące ogłoszenie w sposób zwyczajowo przyjęty na danym terenie o przystąpieniu do procedury oceny środowiskowej i udostępnienie wszystkim zainteresowanym raportu OOS, aby umożliwić zgłoszenie do niego ewentualnych uwag i wniosków. Organ może również przeprowadzić rozprawę administracyjną dostępną dla społeczeństwa.

W odróżnieniu od programu KiPS konsultacje ze społeczeństwem dokonywane przez organ są ściśle określone przepisami prawa.

Procedurę oceny oddziaływania na środowisko kończy wydanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach. Zakres decyzji i tryb jej opracowywania oraz uzgodnień określa ustawa [32]. Organ prowadzący postępowanie może wskazać wariant inny od tego, który wskazał inwestor, a w przypadku braku zgody ze strony inwestora – odmówić zgody na realizację przedsięwzięcia. Stronom postępowania niezadowolonym z rozstrzygnięcia organu w sprawie decyzji środowiskowej przysługuje prawo odwołania się do wyższej instancji, a następnie zaskarżenie decyzji w wojewódzkim sądzie administracyjnym.

Ważne jest również przedstawienie warunków, które pozwalają przeprowadzić linię przesyłową przez obszary Natura 2000. Obszary Natura 2000 zostały w Polsce ustanowione w wyniku transpozycji do polskiego prawa dyrektywy Unii Europejskiej: dyrektywy ptasiej [34] i dyrektywy siedliskowej [35]. W prawie krajowym kwestie te reguluje cytowana już ustawa o ochronie przyrody. Ustawa specyfikuje warunki, po spełnieniu których możliwa jest lokalizacja linii elektroenergetycznej na obszarze Natura 2000.

RDOŚ w pierwszej kolejności sprawdzi, czy usytuowanie linii przesyłowej przecinającej obszar Natura 2000 ma znacząco negatywny wpływ na gatunki roślin i zwierząt, dla których ochrony obszar został ustanowiony. Jeżeli na podstawie analizy raportu RDOŚ uzna, że linia elektroenergetyczna znacząco negatywnie wpłynie na gatunki chronione na obszarach siedlisk ptasich, to lokalizacja linii elektroenergetycznej jest możliwa jedynie, jeśli spełnione zostaną jednocześnie dwa warunki:

1. przedsięwzięcie spełnia wymogi nadrzędnego interesu publicznego, w tym wymogi o charakterze społecznym lub gospodarczym,
2. brakuje rozwiązań alternatywnych.

Zgodnie z istniejącym w tej kwestii orzecznictwem za alternatywne nie może zostać uznane rozwiązanie, które nie będzie funkcjonalne i faktycznie nie ma uzasadnienia technicznego i ekonomicznego. Przypadek taki zdarzył się w procesie oceny oddziaływania na środowisko wspomnianej wcześniej linii 400 kV pomiędzy Elkiem a granicą z Litwą. Wybrany przez inwestora wariant lokalizacji tej ważnej inwestycji przecinał obszar Natura 2000 „Dolina Górnej Rospudy” w jej największym miejscu, był jednak wariantem najkorzystniejszym społecznie, gdyż nie spowodował konieczności wyburzeń budynków. Wariant alternatywny omijał co prawda obszar chroniony, ale spowodował konieczność wyburzenia 11 domów mieszkalnych. Regionalny Dyrektor Ochrony Środowiska w Białymstoku podzielił pogląd inwestora i wydał dla wariantu inwestorskiego decyzję środowiskową.

#### Uzyskanie decyzji lokalizacyjnej

Decyzja środowiskowa ustala przebieg linii najwyższych napięć z punktu widzenia ochrony środowiska. Otwiera to możliwość uzyskania decyzji lokalizacyjnej. Liniowe inwestycje elektroenergetyczne oraz stacje elektroenergetyczne wysokiego napięcia należą do inwestycji celu publicznego, dla których można stosować jedno z dwóch usankcjonowanych prawem postępowań lokalizacyjnych:

1. na podstawie miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego (MPZP),
2. w przypadku braku MPZP – w drodze decyzji o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego (ULICP).

Większość gmin nie ma obowiązującego MPZP, ponadto procedura uzyskania ULICP jest prostsza i szybsza aniżeli uchwalenie MPZP. Mimo to przy realizacji inwestycji liniowych rzadko można skorzystać z procedury uzyskania decyzji ULICP, ponieważ linie elektroenergetyczne lokalizuje się najczęściej na terenach rolnych, a jeżeli linia przechodzi nawet niewielkim odcinkiem przez tereny rolne lub leśne, wymagana jest zmiana przeznaczenia

gruntów, której nie można dokonać bez opracowania MPZP.

Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym wymaga, by MPZP był zgodny z SUIKZP. Jeżeli w trakcie konsultacji ze społecznością lokalną inwestor zgodził się na modyfikację przebiegu trasy linii elektroenergetycznej względem trasy ujętej w SUIKZP, musi wnieść o uwzględnienie tych zmian nie tylko w SUIKZP, lecz także w planie zagospodarowania przestrzennego województwa. Postępowanie administracyjne jest w takim przypadku tak samo czasochłonne jak przy uchwalaniu nowego studium czy planu.

Zgodnie z ustawą najpierw w projekcie SUIKZP, a następnie w projekcie MPZP gminy należy wyodrębnić obszary, na których będą rozmieszczone inwestycje celu publicznego o znaczeniu ponadlokalnym. Te dokumenty planistyczne muszą być zgodne z ustaleniami PZPW oraz programami realizacji celów publicznych o znaczeniu krajowym. Gmina w omawianym przypadku nie może odmówić sporządzenia lub modyfikacji planu miejscowego, gdy zwróci się do niej o to inwestor. Przystąpienie do sporządzania MPZP gminy następuje na podstawie uchwały rady gminy lub rady miejskiej danej gminy. MPZP uchwała rada gminy po stwierdzeniu, że nie narusza on ustaleń studium, rozstrzygając jednocześnie o sposobie rozpatrzenia uwag społeczeństwa do projektu. Wójt, burmistrz albo prezydent miasta przedstawiają wojewodzie uchwałę wraz z załącznikami oraz dokumentacją prac planistycznych w celu oceny ich zgodności z przepisami prawnymi.

Jeżeli gmina odmówi wprowadzenia do planu inwestycji celu publicznego, obowiązki gminy w tym zakresie przejmuje wojewoda i wydaje zarządzenie zastępcze.

#### **Uzyskanie prawa do dysponowania nieruchomościami na cele budowlane oraz pozyskanie służebności przesyłu**

W ramach realizacji inwestycji infrastrukturalnych pozwolenie na budowę można otrzymać po uzyskaniu prawa do dysponowania nieruchomościami

na cele budowlane. Podstawowe prawo do dysponowania nieruchomościami uzyskuje się, zawierając umowę cywilnoprawną, której następstwem jest notarialne ustanowienie *służebności przesyłu*. Inwestor nie nabywa własności nieruchomości pod budowę linii elektroenergetycznych, jak to ma miejsce w przypadku innych inwestycji infrastrukturalnych, np. budowy dróg. W przypadku budowy linii ustala się jedynie na rzecz PSE S.A. możliwość dostępu do wybudowanej linii elektroenergetycznej w celu jej konserwacji, modernizacji bądź naprawy. Na nieruchomościach gruntowych leżących w pasie technologicznym linii elektroenergetycznej uzyskuje się prawo do dysponowania nieruchomościami na cele budowlane, zawierając umowy cywilnoprawne, a następnie ustanawiana jest *służebność przesyłu* poprzez podpisanie z właścicielami nieruchomości aktów notarialnych. Dokonany zostaje również odpowiedni wpis do ksiąg wieczystych tych nieruchomości.

Nieruchomość, na której została ustanowiona *służebność przesyłu*, traci na wartości, dlatego ustawodawca przewiduje ustanowienie służebności przesyłu „za odpowiednim wynagrodzeniem”. Przy czym nie ma przeszkód, aby strony ustanowiły takie prawo nieodpłatnie. Co do zasady, właścicielowi nieruchomości należy zrekompensować w pełni utratę wartości nieruchomości m.in. przez: ocenę stopnia ograniczenia prawa własności, uwzględnienie wartości nieruchomości w stanie nieobciążonym urządzeniami przesyłowymi, ocenę charakteru nieruchomości, położenia, rozmiaru, kształtu i przeznaczenia określonego w dokumentach planistycznych danego obszaru. Należność z tytułu utraty wartości nieruchomości w wyniku ustanowienia na niej służebności przesyłu ustalana jest na podstawie *operatów szacunkowych*, sporządzanych przez biegłych rzeczoznawców na zlecenie inwestora lub wykonawcy. Wysokość wyliczonych należności zależy od szerokości pasa technologicznego (zob. tab. 8) i długości, na jakiej przecina on nieruchomość, a także od przeznaczenia terenu oraz jego lokalizacji. Różnice pomiędzy np. terenami rolnymi a podmiejskimi przeznaczonymi pod zabudowę mogą być bardzo duże. Jednak to kryterium jest brane pod uwagę podczas planowania wariantów przebiegu linii

elektroenergetycznej i projektanci starają się takie tereny omijać. Doświadczenie wskazuje, że właściciele działek użytkowanych na cele rolnicze w mniejszym stopniu odczuwają utratę wartości swych nieruchomości niż właściciele działek leśnych, rekreacyjnych czy budowlanych.

Po osiągnięciu porozumienia strony podpisują umowę cywilnoprawną, w której obok uzgodnionej kwoty zapisuje się sposób i termin jej wypłaty. Na podstawie powyższej umowy następuje podpisanie aktu notarialnego.

Oczekiwania niektórych właścicieli nieruchomości wielokrotnie przekraczają wartości określone w operatach szacunkowych, co powoduje, że pozyskanie prawa do dysponowania nieruchomościami i prawa służebności na drodze polubownej okazuje się niemożliwe. Wówczas na mocy art. 124 ustawy o gospodarce nieruchomościami [36] starosta, wykonujący zadanie z zakresu administracji rządowej, może ograniczyć w drodze decyzji sposób korzystania z nieruchomości (w stosunku do nieruchomości o nieuregulowanym stanie prawnym ograniczenie sposobu korzystania z nieruchomości stosuje się na mocy art. 124a ustawy [36]).

W przypadku braku zgody właściciela na proponowane przez inwestora warunki inwestor występuje z wnioskiem do starosty o ograniczenie sposobu korzystania z nieruchomości. Do takiego wniosku dołącza m.in. dokument potwierdzający nieskuteczne przeprowadzenie rokowań z właścicielem lub użytkownikiem wieczystym gruntu, wycenę sporządzoną przez rzeczoznawców, a także inne dokumenty uzasadniające zarówno konieczność budowy, jak i lokalizację inwestycji. Wpis do księgi wieczystej następuje na podstawie wniosku właściwego organu administracji. Z tytułu ograniczenia prawa własności przysługuje odszkodowanie po zakończeniu inwestycji.

Zakup gruntów dokonywany jest w celu budowy stacji elektroenergetycznych. Sposób postępowania i przepisy prawa są analogiczne do tych dotyczących linii elektroenergetycznych.

Dalsze kroki procedury przygotowania inwestycji przesyłowej możliwe są po uzyskaniu praw do terenu od wszystkich właścicieli nieruchomości.

#### **Problemy związane z realizacją inwestycji**

Nawet najlepiej przygotowany i przeprowadzony *program komunikacji i partycypacji społecznej* zawsze pozostawia grono osób, które odrzuca argumenty inwestora i będą trwały w sprzeczności. Psychologiczny mechanizm konfliktu, zwłaszcza dotyczący nowych inwestycji infrastrukturalnych na terenie np. gminy, często opiera się na dobrze rozpoznany schemacie:

1. inwestycja oznacza zmianę (np. naruszenie sytuacji aktualnej, dobrze nam znanej),
2. zmiana rodzi obawę (np. o zdrowie nasze i naszych bliskich, o naruszenie interesów),
3. obawa powoduje reakcję (np. interwencję, odwołanie od decyzji, protest).

Konflikt często kojarzy się nam z ostrą formą protestu, emocjonalnymi wypowiedziami, z działaniami zorganizowanej grupy mającej utrudnić wypracowanie rozwiązania. Jest to zjawisko powszechne i spotykane codziennie – nie musi przyjmować ostrych postaci. Inwestycje celu publicznego, o których tutaj mówimy, cieszą się specjalną ochroną prawną. Jeżeli inwestor nie popełnił błędów formalnych w procesie przygotowania inwestycji, otrzyma wszystkie potrzebne decyzje i będzie mógł rozpocząć budowę. Protestujący często nie są o tym przekonani, podejmują więc wysiłki zmierzające do udaremnienia dążeń inwestora poprzez blokowanie osiągnięcia jego celów lub działań w jego interesie.

Czego mogą dotyczyć konflikty? Może to być konflikt danych obejmujący np. przekonanie, że sąsiedztwo linii elektroenergetycznej jest szkodliwe dla zdrowia człowieka, że nie da się wytrzymać hałasu, a poza tym linia „ściąga pioruny”. Wielu protestujących jest uczciwie przekonanych, że to prawda. Jeśli jednak chcą znać prawdę i zacząć

się tą tematyką interesować, prędko przekonają się, że jest tak, jak zostało napisane w poprzednich rozdziałach. Dlatego tak ważne jest, by program komunikacji i partycypacji społecznej rozpoczął się od szerokiej akcji informowania społeczeństwa również o rzeczywistym oddziaływaniu linii elektroenergetycznej na zdrowie i bezpieczeństwo ludzi.

Inny powód frustracji i zarazem drugi rodzaj konfliktu to konflikt relacji. Opiera się on na schemacie „my i oni”. Inwestor i wykonawca są zawsze obcy na terenie zamieszkiwanym przez lokalną społeczność, dlatego program komunikacji społecznej zakłada budowę wzajemnego zaufania poprzez budowę partnerskich stosunków ze społecznością lokalną. Polega na umożliwieniu wzajemnego dialogu, na poznaniu problemów interesariuszy i dołożeniu wszelkich starań, by je rozwiązać. Polega również na budowaniu normalnych, ludzkich relacji z partnerami strony społecznej, która musi widzieć, że jest traktowana z szacunkiem. Niedopuszczalne są jakiegokolwiek próby straszenia czy występowania z pozycji siły, dlatego inwestor oczekuje od wykonawcy profesjonalizmu w komunikowaniu się ze społeczeństwem.

Kolejny problem to konflikt interesów. Obawy interesariuszy o spadek wartości majątku, który dla większości z nich jest dorobkiem całego życia, skłania wielu z nich do trwania w proteście. Dlatego inwestor dokłada wszelkich starań, by uzyskiwanie praw do terenu odbywało się w taki sposób, by nie pozostawiać ludzi z poczuciem krzywdy.

Ostatni rodzaj konfliktu to konflikt wartości. Występuje on rzadko w przypadku inwestycji polegających na budowie linii elektroenergetycznych, ale może wystąpić np. w przypadku prób przecięcia linią elektroenergetyczną obszaru Natura 2000, jeżeli ktoś uważa, że przyroda jest bezcenną wartością i kwestie ekonomiczne oraz społeczne nie powinny się tutaj liczyć.

Im lepiej jest zorganizowany i wcześniej rozpoczęty program komunikacji i partycypacji

społecznej, tym więcej konfliktów można zażegnać. Jeżeli nawet utworzy się wtedy komitet protestacyjny, to będzie miał za słabe poparcie wśród ludzi i jedynym jego efektem będzie skarżanie wszystkich decyzji korzystnych dla inwestora do wyższych instancji i do sądu. To niewątpliwie wydłuży proces przygotowania inwestycji, ale go nie zatrzyma.

Jeżeli w gminie protesty występują w znacznym nasileniu, to w interesie inwestora lub wykonawcy jest, by pomóc interwenientom zorganizować się i wyłonić przedstawicieli. Ma on wtedy partnera do rozmów i możliwe staje się podjęcie próby rozwiązania konfliktów.

Wyniki takich rozmów nigdy nie są bezowocne. Jeśli nie jest już możliwa modyfikacja przebiegu linii ze względu na prawomocne decyzje (środowiskową i lokalizacyjną) wydane inwestorowi, często możliwe jest jednak wynegocjowanie dodatkowych korzyści dla lokalnej społeczności w zamian za uciążliwość, jakie na jej terenie spowoduje inwestycja. Może się okazać np., że inwestor wygospodaruje środki na wsparcie gminy w remoncie szkoły czy doposażeniu miejscowego ośrodka zdrowia.

Wspomnieć należy jeszcze o pozostałych decyzjach, które musi uzyskać wykonawca: zmiany przeznaczenia gruntów na nierolne i nieleśne, wyłączenia gruntów z produkcji rolnej i leśnej, uzyskiwania zgód na umieszczenie obiektów inwestycji w pasie drogowym, uzyskiwania zgód na wycinki leśne i wycinkę pojedynczych drzew lub krzewów, rozwiązania problematyki badań archeologicznych i ustanowienia pasa technologicznego. Należy mieć bowiem na uwadze, że dopiero komplet dokumentacji inwestycyjnej pozwala inwestorowi na uzyskanie pozwolenia na budowę dla zadania inwestycyjnego.

## Budowa linii przesyłowej i przekazanie jej do eksploatacji

Kolejnym etapem działań jest budowa linii elektroenergetycznej. Zasadnicze wymagania, jakie muszą być spełnione podczas tego etapu działań, są ustalone w ustawie o budowlane [37] oraz przepisach wykonawczych do tej ustawy. Dla przyrody i społeczeństwa budowa linii elektroenergetycznej jest nieporównywalnie mniej uciążliwa w porównaniu z budową np. drogi ekspresowej. Budowa trwa najczęściej jeden sezon budowlany i po jej zakończeniu wykonawca przywraca teren i drogi, z których korzystał jego sprzęt, do poprzedniego stanu.

Po zakończeniu budowy linii, a przed jej przekazaniem do eksploatacji konieczne jest wykonanie pomiarów kontrolnych poziomów pól elektromagnetycznych, jakie będą występowały w jej otoczeniu.

Obowiązek wykonania pomiarów wynika z art. 122a ustawy o ochronie środowiska [22]. Wyniki pomiarów są przekazywane wojewódzkiemu inspektoratowi ochrony środowiska i państwowemu wojewódzkiemu inspektorowi sanitarnemu. Informacje o środowisku i jego ochronie znajdujące się w posiadaniu wojewódzkiego inspektoratu ochrony środowiska udostępnia się każdemu na piśmie wniosek.

Samo wykonanie pomiarów poziomów pól elektrycznego i magnetycznego w otoczeniu linii musi odpowiadać przepisom zawartym w rozporządzeniu Ministra Środowiska z 2003 roku [11]. Zgodnie z tym rozporządzeniem konieczne jest uwzględnienie takich warunków pracy linii elektroenergetycznej, przy których występują największe oddziaływania na środowisko – czyli

najwyższe poziomy pól elektrycznych i magnetycznych. Rozporządzenie określa również, w jakich miejscach i w jaki sposób pomiary należy wykonywać. Pomiary poziomów pól elektrycznych i magnetycznych w otoczeniu napowietrznych linii elektroenergetycznych muszą być wykonywane przez laboratoria akredytowane. Wynika to z postanowienia zawartego w art. 147a ustawy o ochronie środowiska [22].

Wyniki pomiarów poziomów pól elektrycznego i magnetycznego wykonane w otoczeniu linii elektroenergetycznych są ostatecznym potwierdzeniem spełnienia określonych w przepisach wymagań ochrony środowiska związanych z polami elektromagnetycznymi.

Kolejnym etapem procedury poprzedzającej rutynową eksploatację linii elektroenergetycznej najwyższych napięć jest dokonanie zgłoszenia wybudowanej czy modernizowanej instalacji do odpowiedniego organu ochrony środowiska. Zgodnie z §2 Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie rodzajów instalacji, których eksploatacja wymaga zgłoszenia [38], są to m.in. wszystkie linie najwyższych napięć. Zakres informacji jakie należy podać organowi ochrony środowiska został ustalony w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie zgłoszenia instalacji wytwarzających pola elektromagnetyczne [39]. Został on ustalony tak, aby możliwa była weryfikacja podstawowych danych potrzebnych do poprawnego wykonania pomiarów poziomów pól elektrycznego i magnetycznego w otoczeniu linii.



Akceptacja zgłoszenia instalacji emitującej pola elektromagnetyczne, w tym linii elektroenergetycznych najwyższych napięć, przez właściwy urząd kończy procedurę lokalizacji i budowy takich linii.

Obowiązujące przepisy prawa ustalają dopuszczalne poziomy pól elektromagnetycznych, jakie mogą występować w środowisku. Poziomy te zostały ustalone przez Ministra Środowiska w porozumieniu z Ministrem Zdrowia. Miało to i ma na celu spełnienie warunków zapewniających ludności przebywanie w środowisku, którego stan nie powoduje i nie będzie powodował jakiegokolwiek uszczerbku na zdrowiu.

**Budowa linii najwyższych napięć jest częścią narodowego planu rozbudowy infrastruktury. Planowanie i przygotowanie inwestycji przesyłowej jest skomplikowanym procesem, który trwa kilka lat. Na każdym etapie tego procesu bardzo ważny jest udział społeczeństwa. Tylko w ten sposób możliwe jest znalezienie wariantu kompromisowego, który uwzględni interesy inwestora reprezentującego interes publiczny, interes społeczny i interes ochrony środowiska przyrodniczego. Budowa linii elektroenergetycznej jest obwarowana wieloma przepisami i wymaga od inwestora uzyskania kilkunastu decyzji administracyjnych. Wybór rozwiązania, które w skali całego przedsięwzięcia będzie kompromisowe, odbywa się z udziałem lokalnej społeczności i może rodzić sytuacje konfliktowe, które mogą zostać zażegnane przede wszystkim dzięki dobrej woli stron.**





## Słownik wyrażeń i terminów użytych w publikacji

**Częstotliwość** – liczba cykli zmian w jednostce czasu, np. częstotliwość napięcia;

**GPZ** – główny punkt zasilania;

**Indukcja magnetyczna** – gęstość strumienia magnetycznego, jest to siła wywierana na poruszający się w polu magnetycznym ładunek elektryczny;

**Instalacja** – zgodnie z art. 3 pkt 6) ustawy Prawo ochrony środowiska [22] poprzez instalację rozumie się: 1 stacjonarne urządzenie techniczne, 2 zespół stacjonarnych urządzeń technicznych powiązanych technologicznie, do których tytułem prawnym dysponuje ten sam podmiot i położonych na terenie jednego zakładu, 3 budowle niebędące urządzeniami technicznymi ani ich zespołami, których eksploatacja może spowodować emisję;

**ISE** – inteligentne sieci energetyczne;

**KDM** – Krajowa Dyspozycja Mocy;

**KiPS** – Program Komunikacji i Partycypacji Społecznej;

**KSE** – Krajowy System Elektroenergetyczny;

**Miejsca dostępne dla ludności** – wszystkie miejsca środowiska, z wyjątkiem miejsc, do których dostęp ludności jest niemożliwy, zabroniony, utrudniony lub wymaga posługiwania się sprzętem (art. 124 ust. 2 POŚ);

**MPZP** – miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego;

**Napięcie** – różnica potencjałów elektrycznych;

**Napięcie znamionowe linii elektroenergetycznej** – napięcie, do którego linia elektroenergetyczna jest przeznaczona (zaprojektowana); w Polsce są eksploatowane linie elektroenergetyczne najwyższych napięć 220 kV i 400 kV;

**NN** – linie elektroenergetyczne najwyższych napięć;

**OPGW** – przewód odgromowy ze znajdującym się wewnątrz światłowodem;

**OZE** – odnawialne źródło (źródła) energii;

**Pas technologiczny** – pas terenu o szerokości zapewniającej dostęp do linii elektroenergetycznej, niezbędny dla przeprowadzania oględzin, konserwacji i napraw linii;

**Pole elektromagnetyczne** – zgodnie z art. 3 pkt 18 ustawy Prawo ochrony środowiska [22] rozumie się przez to pola elektryczne, magnetyczne oraz elektromagnetyczne o częstotliwościach od 0 Hz do 300 GHz. Pole elektromagnetyczne opisują takie wielkości fizyczne, jak np. gęstość mocy pola podawana w watach na metr kwadratowy ( $W/m^2$ ), natężenie składowej elektrycznej pola podawane w woltach na metr ( $V/m$ ), natężenie składowej magnetycznej pola podawane w amperach na metr ( $A/m$ );

**Pole elektryczne** – stan energetyczny przestrzeni, w którym na ładunki elektryczne oddziałuje siła;

**Pole magnetyczne** – stan energetyczny przestrzeni, w którym na ładunek elektryczny będący w ruchu oddziałuje siła;

**Prąd indukowany** – prąd powstający w przedmiotach przewodzących na skutek przebywania w zmiennym polu elektrycznym;

**Prosument** – osoba będąca jednocześnie producentem i konsumentem energii;

**PZPW** – plan zagospodarowania przestrzennego województwa;

**RDOS** – regionalny dyrektor ochrony środowiska;

**SCENIHR** – Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks – Naukowy Komitet Badania Zagrożeń dla Zdrowia Spowodowanych Nowymi Technologiami,

**SUIKZP** – studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego;

**Tor linii elektroenergetycznej** – tor prądowy, zespół trzech wiodących prąd elektryczny przewodów napowietrznej linii elektroenergetycznej, łączących dwie stacje elektroenergetyczne;

**ULICP** – decyzja o uzyskaniu lokalizacji inwestycji celu publicznego;

**WHO** – World Health Organization – Światowa Organizacja Zdrowia;

**WIOŚ** – wojewódzki inspektorat ochrony środowiska;

**WN** – linie elektroenergetyczne wysokiego napięcia;



## Literatura wykorzystana w pracy

1. Majchrzak H., T. Tarwacki, G. Tomasik, J. Wegliński. Nowe wyzwania w planowaniu rozwoju sieci przesyłowej. *Elektroenergetyka*, 1-2 (11-12) (2012).
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/29/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. zmieniająca Dyrektywę 2003/87/WE w celu usprawnienia i rozszerzenia wspólnotowego systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych.
3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji przemysłowych - tzw. dyrektywa IED (ang. Industrial Emissions Directive).
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 października 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii Dz.U. 2012, poz. 1229
5. Protest przeciwko planom budowy Elektrowni Północ w Pomorskiem. CIRE.pl, za PAP (28-07-14).
6. Raport o wpływie uregulowań prawnych na warunki eksploatacji i rozbudowy infrastruktury linowej sektora paliwowo energetycznego. (Warszawa 2009).
7. KPZK. Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030. Ministerstwo Rozwoju Regionalnego. Wydanie II zmienione po reasumpcji w dniu 21 marca 2012 r. ISBN 978-83-7610-359-4, 2012.
8. Zrozumieć politykę Unii Europejskiej – Energia. Komisja Europejska. [http://europa.eu/pol/index\\_pl.htm](http://europa.eu/pol/index_pl.htm), 2013.
9. Kamrat, W. i T. Szczepański. Wybrane zagadnienia budowy i eksploatacji sieci przesyłowych najwyższych napięć.
10. S., Mołęda. Michał Doliwo-Dobrowolski. 120 lat elektroenergetycznego trójfazowego systemu przesyłowego w Europie. *Elektroenergetyka. Współczesność i rozwój*, Nr 3(9) (2011).
11. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrymania tych poziomów. Dz. U. 2003, nr 192, poz. 1883.
12. Katalog rozkładów natężenia pola elektrycznego i magnetycznego w otoczeniu linii 220 kV i 400 kV. PSE-Operator S.A., Warszawa, 2005.
13. P. Bieńkowski, B. Zubrzak. Źródła pola elektromagnetycznego w życiu codziennym człowieka.. *Polskie Towarzystwo Zastosowań Elektromagnetyzmu*.
14. Judith Peters (editor). *Handbook of Environmental Impact Assessment*. Wiley-Blackwell, 1999.
15. Mix E. et. al., Effect of pulsating electromagnetic field therapy on cell volume and phagocytosis activity in multiple sclerosis and migraine. *Psychiatr. Neurol. Med. Psychol.*, 42 (1990), 457-46.
16. Barnothy, M.F. *Biological Effects of Magnetic Fields*, tom 1 i 2. Plenum Press, New York, 1969.
17. *Environmental Health Criteria 238. Extremely Low Frequency Fields*. WHO, Genewa, 2007.
18. *Electromagnetic fields and public health. Exposure to extremely low frequency fields*. Fact sheet N°322.. WHO, Geneva, June 2007.
19. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. *Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields*. IARC, Lyon, 2002.
20. Normy PN-EN z serii 50341 Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego (2013).
21. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku tj. Dz.U. 2014, poz. 112.
22. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska tj. Dz.U. 2013, poz. 1232.
23. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody tj. Dz.U. 2015, poz. 1651.
24. K. Kustusch, A. Wuczyński, A. Górczewski. Ptaki i napowietrzne linie elektroenergetyczne. Rodzaje oddziaływań, ich przyczyny i znaczenie dla populacji ptasich. *Ornis Polonica*, 54 (2013), 257-278.
25. W., Kania. Zagrożenia ptaków porażeniami prądem i zderzeniami z przewodami napowietrznymi w świetle wyników obrączkowania.. *Stacja Ornitologiczna Instytutu Ekologii PAN, Gdańsk*, 1994.
26. IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0-3 kHz. IEEE Std C95.6™, 2002.
27. ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1Hz – 100 kHz). *Health Physics*, 99(6) (2010).
28. Council recommendation 1999/519/EC of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz).
29. Polska 2030. Trzecia fala nowoczesności. Długookresowa Strategia Rozwoju Kraju.. Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji, Warszawa, 11 stycznia 2013 r.
30. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym tj. Dz.U. 2015, poz. 199.
31. Ustawa z dnia 24 lipca 2015 r. o przygotowaniu i realizacji strategicznych inwestycji w zakresie sieci przesyłowych tj. Dz.U. 2015, poz. 1265.
32. Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko Dz.U. 2008, nr 199, poz. 1227.
33. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko Dz. U. 2010, nr 213, poz. 1397.
34. Dyrektywa Rady nr 79/409/EWG z 2 kwietnia 1979 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa.
35. Dyrektywa Rady nr 92/43/EWG z 21 maja 1992 r. nr 92/43/EWG w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory.
36. Ustawa z dnia 21 sierpnia 1997 r. o gospodarce nieruchomościami tj. Dz.U. 2015, poz. 782.
37. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane tj. Dz. U. 2013, poz. 1409.
38. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie rodzajów instalacji, których eksploatacja wymaga zgłoszenia Dz. U. 2010, nr 130, poz.880.
39. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie zgłoszenia instalacji wytwarzających pola elektromagnetyczne Dz. U. 2010, nr 130 poz. 879.



## Indeks wyrażen i terminów

### A

analiza wielokryterialna 68

### B

biogazownia 13, 20

biomasa 13, 20

### E

elektrociepłownia 9, 15, 64

elektrownia

cieplna 12, 13

fotowoltaiczna 13, 20

przemysłowa 12

systemowa 12

wiatrowa 13, 20, 27

wodna 13

zawodowa 12, 13, 15

### H

hałas linii elektroenergetycznej 39, 50

### I

inwestycja celu publicznego o znaczeniu krajowym 64

izolatory 23

### K

kogeneracja 15

Krajowa Dyspozycja Mocy 18, 80

### L

linia elektroenergetyczna

kablowa 23

najwyższych napięć 15

napowietrzna 23

średniego napięcia 15

wysokiego napięcia 15

### N

natężenie pola elektrycznego 31

natężenie pola magnetycznego 31

### O

obszar ograniczonego użytkowania 55

odnawialne źródła energii 13, 19, 63

odstępniki 40

operat szacunkowy 74

### P

pas technologiczny 55, 80

pole elektromagnetyczne 30, 42, 43, 45, 80

pole elektromagnetyczne bardzo małej częstotliwości 46, 47, 48, 59

pole elektryczne 30, 43, 81

pole magnetyczne 30, 31, 43, 45, 48, 81

program komunikacji i partycypacji społecznej 75, 76

promieniowanie niejonizujące 32, 49

prosument 20

przewody fazowe 24

przewody odgromowe 24

przewody OPGW. Patrz Przewody odgromowe

### S

słup

kratownicowy 23, 53

nadleśny 52, 56, 68

rurowy 23, 53

wsporczy 23, 24, 39, 54, 55, 56, 57

służebność przesyłu 54, 74

stacja elektroenergetyczna 15, 16, 18, 20, 24, 26, 27, 28, 66, 70, 71

strata energii 22, 24

system elektroenergetyczny 12, 15, 18, 20, 64

system przesyłowy 17, 29

### Ś

środowisko przyrodnicze 8, 42, 57

środowisko społeczne 42, 56

### T

transformator 16, 26, 28

turbogenerator 12, 15

### U

ulot. Patrz wyładowania niezupełne

### W

warianty lokalizacyjne linii przesyłowej 54, 63, 66, 67

warianty techniczne linii przesyłowej 67

wyładowania niezupełne 40, 41, 50

### Z

zaburzenia elektromagnetyczne 39

zwis przewodu 24, 32, 38

Wydawca - Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.

Konstancin-Jeziorna 2015

Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i wykorzystywanie tekstów, zdjęć, map czy rysunków w całości - bądź fragmentów bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich zabronione.

Niniejszy materiał jest bezpłatny.

*Autorzy publikacji całkowicie wypełnili zadanie przed nimi postawione. W przystępny sposób uzmysłowili społeczeństwu konieczność rozbudowy sieci elektroenergetycznej, wskazali na możliwości efektywnego udziału w procesie decyzyjnym związanym z budową lub modernizacją linii elektroenergetycznych. Informacje zawarte w publikacji powinny również uspokoić osoby zaniepokojone ewentualnymi negatywnymi skutkami ekspozycji na pola czy hałas, ponieważ obiektywnie przedstawiają wyniki dotychczasowych badań naukowych dotyczących tego zagadnienia.*

dr hab. Marek Zmysłony, prof. IMP

Kierownik Zakładu Ochrony Radiologicznej Instytutu Medycyny Pracy im. prof. dra J. Nofera w Łodzi

**Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.**

ul. Warszawska 165

05-520 Konstancin-Jeziorna

tel.: +48 22 242 26 00

fax: +48 22 242 22 33

[www.pse.pl](http://www.pse.pl)

