

14



# ELEKTRYK

**Wytwarzanie energii elektrycznej**



MINISTERSTWO EDUKACJI  
NARODOWEJ



**Barbara Kapruziak**

## **Wytwarzanie energii elektrycznej 724[01].Z1.01**

**Poradnik dla ucznia**

**Wydawca**  
**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy**  
**Radom 2007**

Recenzenci:

mgr inż. Henryk Kucharski  
dr inż. Marian Korczyński

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Barbara Kapruziak

Konsultacja:

mgr inż. Ryszard Dolata

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 724[01].Z1.01 „Wytwarzanie energii elektrycznej”, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu elektryk.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

# SPIS TREŚCI

<b>1. Wprowadzenie</b>	3
<b>2. Wymagania wstępne</b>	5
<b>3. Cele kształcenia</b>	6
<b>4. Materiał nauczania</b>	7
<b>4.1. Podstawowe pojęcia gospodarki energetycznej</b>	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	8
4.1.3. Ćwiczenia	8
4.1.4. Sprawdzian postępów	9
<b>4.2. Charakterystyka systemu elektroenergetycznego</b>	10
4.2.1. Materiał nauczania	10
4.2.2. Pytania sprawdzające	10
4.2.3. Ćwiczenia	10
4.2.4. Sprawdzian postępów	11
<b>4.3. Sposoby wytwarzania energii elektrycznej</b>	12
4.3.1. Materiał nauczania	12
4.3.2. Pytania sprawdzające	14
4.3.3. Ćwiczenia	14
4.3.4. Sprawdzian postępów	16
<b>4.4. Elektrownie ciepłe</b>	17
4.4.1. Materiał nauczania	17
4.4.2. Pytania sprawdzające	21
4.4.3. Ćwiczenia	22
4.4.4. Sprawdzian postępów	23
<b>4.5. Elektrownie wodne</b>	24
4.5.1. Materiał nauczania	24
4.5.2. Pytania sprawdzające	25
4.5.3. Ćwiczenia	25
4.5.4. Sprawdzian postępów	26
<b>4.6. Niekonwencjonalne źródła energii elektrycznej</b>	27
4.6.1. Materiał nauczania	27
4.6.2. Pytania sprawdzające	30
4.6.3. Ćwiczenia	30
4.6.4. Sprawdzian postępów	31
<b>5. Sprawdzian osiągnięć</b>	32
<b>6. Literatura</b>	36

# 1. WPROWADZENIE

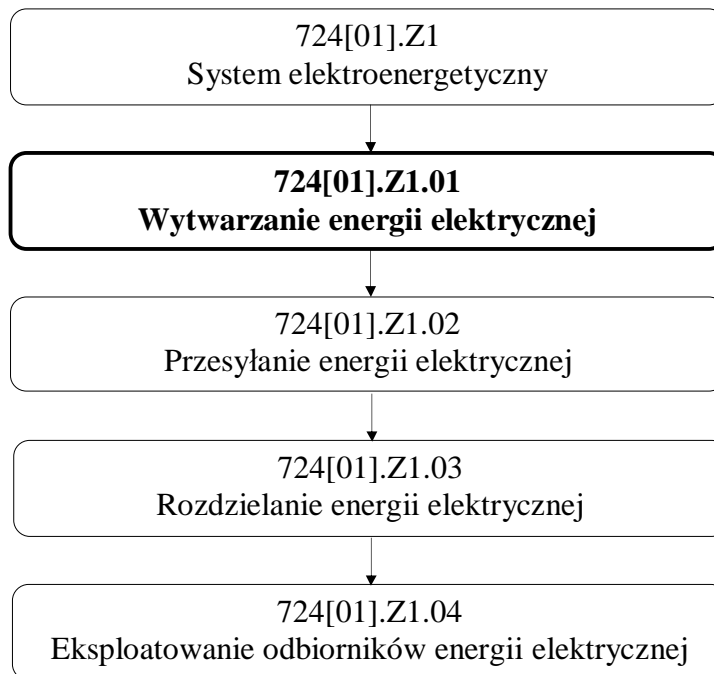
Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy o sposobach wytwarzania energii elektrycznej, a także w kształtowaniu umiejętności analizowania przemian energetycznych zachodzących podczas procesu wytwarzania energii elektrycznej w różnych rodzajach elektrowni.

W Poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne określające umiejętności, jakie powinieneś posiadać, abyś mógł bez problemów rozpocząć pracę z poradnikiem,
- cele kształcenia, czyli wykaz umiejętności, jakie opanujesz w wyniku kształcenia w ramach tej jednostki modułowej,
- materiał nauczania, czyli wiadomości teoretyczne konieczne do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań sprawdzających, czy opanowałeś już podane treści,
- ćwiczenia, zawierające polecenia, sposób wykonania oraz wyposażenie stanowiska pracy, które pozwolą Ci ukształtować określone umiejętności praktyczne,
- sprawdziany postępów pozwalające sprawdzić Twój poziom wiedzy po wykonaniu ćwiczeń,
- sprawdzian osiągnięć opracowany w postaci testu, który umożliwi Ci sprawdzenie Twoich wiadomości i umiejętności opanowanych podczas realizacji programu jednostki modułowej,
- literaturę związaną z programem jednostki modułowej umożliwiającą pogłębienie Twojej wiedzy z zakresu programu tej jednostki.

## **Bezpieczeństwo i higiena pracy**

W czasie pobytu w pracowni musisz przestrzegać regulaminów, przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz instrukcji przeciwpożarowych, wynikających z rodzaju wykonywanych prac. Przepisy te poznasz podczas trwania nauki.



Schemat układu jednostek modułowych

## 2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- komunikować się i pracować w zespole,
- dokonywać oceny swoich umiejętności,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- wyszukiwać, selekcjonować, porządkować, przetwarzać i przechowywać informacje niezbędne do wykonywania zadań zawodowych,
- uzasadniać działanie na podstawie określonej teorii, planować czynności, tabele pomiarów,
- prezentować wyniki opracowań,
- rysować schematy, montować układy, wykonywać pomiary,
- interpretować wyniki doświadczeń i dokonywać uogólnień,
- samodzielnie podejmować decyzje,
- rozróżniać i charakteryzować różne surowce energetyczne,
- posługiwać się podstawowymi pojęciami z zakresu elektroenergetyki,
- swobodnie posługiwać się językiem technicznym.

### 3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- zdefiniować system elektroenergetyczny,
- rozpoznać podstawowe elementy składowe systemu elektroenergetycznego,
- wskazać podstawowe urządzenia wchodzące w skład systemu elektroenergetycznego,
- wskazać rodzaje elektrowni ze względu na wykorzystywany przez nie nośnik energii,
- określić funkcje urządzeń wytwarzających energię elektryczną w elektrowni,
- wyjaśnić na schemacie proces wytwarzania energii elektrycznej w elektrowni,
- wyszczególnić niekonwencjonalne źródła energii,
- wyjaśnić wpływ oddziaływania energetyki zawodowej na środowisko naturalne,
- określić sposoby ograniczenia ujemnego oddziaływania energetyki zawodowej na środowisko naturalne,
- zastosować przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska.



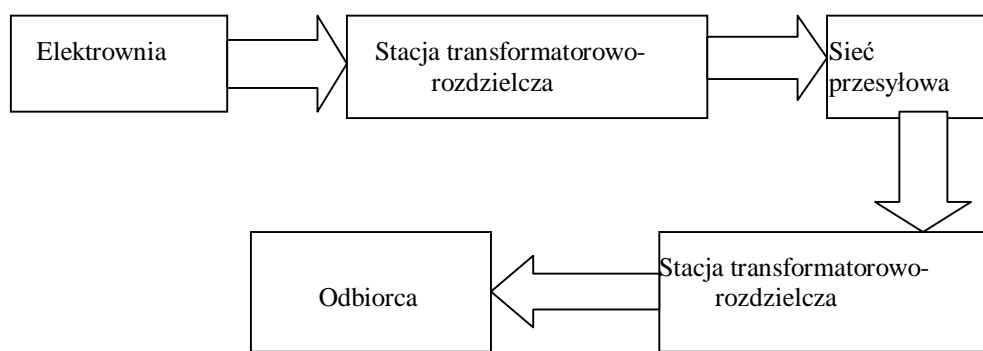
## 4. MATERIAŁ NAUCZANIA

### 4.1. Podstawowe pojęcia gospodarki energetycznej

#### 4.1.1. Materiał nauczania

Energetyka jest działem gospodarki obejmującym przetwarzanie, gromadzenie, przenoszenie i wykorzystanie energii, zaś elektroenergetyka – działem energetyki zajmującym się problematyką wytwarzania, przesyłania, przetwarzania, dostarczania oraz użytkowania energii elektrycznej.

**System elektroenergetyczny** – jest to zbiór wszystkich współpracujących i wzajemnie powiązanych ze sobą urządzeń, służących do wytwarzania, przetwarzania, przesyłania, rozdzielania i odbierania energii elektrycznej (rys.1).



Rys. 1. Uproszczony schemat blokowy systemu elektroenergetycznego

Urządzenia elektroenergetyczne, ze względu na funkcję pełnioną w systemie, można podzielić na:

- urządzenia wytwórcze (generatory),
- urządzenia przetwórcze (transformatory, prostowniki, falowniki, przetworniki),
- urządzenia przesyłowe (linie napowietrzne, linie kablowe, szyny),
- urządzenia rozdzielcze (wyłączniki, rozłączniki, odłączniki, bezpieczniki),
- urządzenia odbiorcze (silniki, urządzenia oświetleniowe, urządzenia grzejne),
- urządzenia pomocnicze (zabezpieczające, sygnalizacyjne, pomiarowe, sterownicze).

Zespół urządzeń uczestniczących w przekazywaniu energii elektrycznej od wytwórcy do użytkowników, a więc służących do połączenia urządzeń wytwórczych, czyli elektrowni z dużą liczbą odbiorców energii elektrycznej tworzy **sieć elektroenergetyczną**.

W skład sieci elektroenergetycznej wchodzi:

- linie przesyłowe (napowietrzne i kablowe),
- stacje transformatorowo-rozdzielcze,
- instalacje.

Ze względu na **wartość napięcia znamionowego** sieci elektroenergetyczne można podzielić na:

- sieci ultrawysokich napięć (UWN) – napięcie 750 kV,
- sieci najwyższych napięć (NN) – napięcia: 400 kV, 220 kV,
- sieć wysokich napięć (WN) – napięcie 110 kV,
- sieć średnich napięć (SN) – napięcia od 1 kV do 60 kV (6; 10; 15; 30 kV; rzadko 60 kV),

- sieć niskich napięć (nn) – napięcia do 1 kV (230/400 V).  
Ze względu na **przeznaczenie** sieci elektroenergetyczne dzieli się na:
  - sieci przesyłowe – 220 kV; 400 kV; 750 kV,
  - sieci rozdzielcze – do 110 kV, w tym: instalacje do 1 kV.
- Sieć przesyłowa** – jest to sieć elektroenergetyczna służąca do przesyłania energii elektrycznej na większe odległości.
- Sieć rozdzielcza** – jest to sieć elektroenergetyczna służąca do rozdzielania i doprowadzania energii elektrycznej do odbiorców.
- Instalacja** – jest to sieć rozdzielcza mieszcząca się wewnątrz pomieszczeń.
- Stacja transformatorowo-rozdzielcza** – jest to obiekt obejmujący zespół urządzeń służących do transformowania energii elektrycznej na inną wartość napięcia oraz do rozdzielania tej energii.

#### 4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co to jest system elektroenergetyczny?
2. Co to jest sieć elektroenergetyczna?
3. Co wchodzi w skład sieci elektroenergetycznej?
4. Jak dzielą się sieci elektroenergetyczne ze względu na wartość napięcia?
5. Jak można podzielić sieci elektroenergetyczne ze względu na przeznaczenie?
6. Jakie napięcia występują w sieciach przesyłowych?
7. Co to jest sieć rozdzielcza?
8. Do czego służy sieć przesyłowa?
9. Co to jest instalacja?
10. Co to jest stacja transformatorowo-rozdzielcza?
11. Do jakiej grupy urządzeń elektroenergetycznych należy generator?
12. Które urządzenia należą do grupy urządzeń przetwórczych?
13. Jakie urządzenia wchodzi w skład urządzeń rozdzielczych?
14. Jakie urządzenia wchodzi w skład urządzeń odbiorczych?
15. Które urządzenia zaliczane są do grupy urządzeń pomocniczych?
16. Do jakiej grupy urządzeń elektroenergetycznych należą linie napowietrzne i kablowe?

#### 4.1.3. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Podaj określenia następujących pojęć:

- elektroenergetyka,
- system elektroenergetyczny,
- sieć elektroenergetyczna,
- sieć rozdzielcza,
- instalacja.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomniać sobie znaczenie określonych pojęć,
- 2) zapisać określenia poszczególnych pojęć w zeszycie,
- 3) zaprezentować je na forum klasy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt,
- długopis.

## Ćwiczenie 2

Rozpoznaj wszystkie elementy na schemacie blokowym systemu elektroenergetycznego i omów je.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) nazwać podstawowe elementy systemu elektroenergetycznego przedstawione na schemacie,
- 2) wskazać urządzenia wchodzące w skład systemu,
- 3) omówić funkcje poszczególnych urządzeń,
- 4) zapisać nazwy urządzeń z krótką charakterystyką w zeszycie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- schemat blokowy systemu elektroenergetycznego,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis,
- literatura.

### 4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) zdefiniować pojęcie: system elektroenergetyczny?	£	£
2) zdefiniować pojęcie: sieć elektroenergetyczna?	£	£
3) wymienić elementy składowe sieci elektroenergetycznej?	£	£
4) dokonać podziału sieci ze względu na wartość napięcia?	£	£
5) dokonać podziału sieci ze względu na przeznaczenie?	£	£
6) zdefiniować pojęcie: sieć przesyłowa?	£	£
7) zdefiniować pojęcie: sieć rozdzielcza?	£	£
8) określić, co to jest instalacja?	£	£
9) zdefiniować pojęcie: stacja transformatorowo-rozdzielcza?	£	£
10) podać przykłady urządzeń wytwórczych?	£	£
11) podać przykłady urządzeń przetwórczych?	£	£
12) wymienić rodzaje urządzeń przesyłowych?	£	£
13) wymienić urządzenia wchodzące w skład urządzeń odbiorczych?	£	£
14) podać, jakie urządzenia należą do urządzeń pomocniczych?	£	£

## 4.2. Charakterystyka systemu elektroenergetycznego

### 4.2.1. Materiał nauczania

System elektroenergetyczny obejmuje zwykle obszar danego kraju i ze względów ekonomicznych jest centralnie sterowany. W Polsce za realizację procesu ciągłej dostawy energii elektrycznej odbiorcom odpowiedzialny jest Krajowy System Elektroenergetyczny (KSE). Przesył energii elektrycznej wytworzonej w elektrowniach do ogromnej liczby odbiorców jest możliwy dzięki rozległej sieci linii i stacji elektroenergetycznych.

W celu zmniejszenia strat przesyłu podwyższa się napięcie elektroenergetycznych linii przesyłowych, które w zależności od odległości, na jakie przesyłana jest energia wynosi:

- 220 kV, 400 kV (NN) – przy przesyłaniu energii na duże odległości,
- 110 kV (WN) – przy przesyłaniu energii na odległości rzędu kilkudziesięciu kilometrów,
- 6÷30 kV (SN) – przy przesyłaniu energii w obrębie lokalnych sieci rozdzielczych.

Najwyższe napięcie stosowane w polskim systemie elektroenergetycznym wynosi 750 kV (na linii Rzeszów – Wiedeń – Chmielnicka Elektrownia Atomowa na Ukrainie), przy czym polski odcinek ma długość 114 km.

Sieć elektroenergetyczna zapewnia liczne połączenia pomiędzy elektrowniami, stacjami elektroenergetycznymi i odbiorcami energii elektrycznej. Im bardziej jest ona rozbudowana, tym większa jest niezawodność pracy całego systemu elektroenergetycznego.

W Polsce właścicielem i gospodarzem sieci przesyłowej WN jest spółka akcyjna Polskie Sieci Elektroenergetyczne (PSE).

Sieć przesyłowa w Polsce (należąca do PSE) składa się z:

- 165 linii o napięciu 220 kV o łącznej długości 7895 km,
- 65 linii o napięciu 400 kV o łącznej długości 4832 km,
- 1 linii o napięciu 750 kV o łącznej długości 114 km.

PSE posiada również 14 linii o napięciu 110 kV i jednocześnie pełni operatywny nadzór nad całą siecią zamkniętą 110 kV (będącą najczęściej własnością spółek dystrybucyjnych).

Często używa się określenia, że sieć 110 kV jest „koordynowana” przez PSE.

### 4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. W jakim celu podwyższa się napięcie elektroenergetycznych linii?
2. Jakie napięcie sieci elektroenergetycznej stosuje się przy przesyłaniu energii na bardzo duże odległości?
3. Jakie napięcie sieci elektroenergetycznej stosuje się przy przesyłaniu energii na odległości rzędu kilkudziesięciu kilometrów?
4. Jakie napięcie sieci elektroenergetycznej stosuje się w przypadku sieci lokalnych?
5. Kto w Polsce jest właścicielem sieci przesyłowej WN?
6. Co oznacza określenie, że sieć 110 kV jest „koordynowana” przez PSE?

### 4.2.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Uzupełnij tabelkę, uwzględniając wymagania dotyczące zależności wysokości napięcia sieci od jej długości:

Długość odcinka sieci	700 km	86 km	144 km	17 km	35 km	1100 km	7 km
Wysokość napięcia							

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) określić, czy rozpatrywana długość odcinka sieci jest duża, średnia, czy jest to sieć lokalna,
- 2) wybrać wartości napięć linii przesyłowych odpowiadające podanym odcinkom sieci zgodnie z przepisami,
- 3) zapisać proponowane wartości napięć w tabeli,
- 4) przedstawić wyniki pracy na forum klasy i uzasadnić wybór.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

### Ćwiczenie 2

Porównaj stopień rozbudowania i nowoczesności sieci przemysłowej w Polsce i w wiodących krajach Unii Europejskiej.

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) wyszukać dane dotyczące wartości napięć linii przesyłowych oraz długości linii sieci przesyłowej dla różnych poziomów napięć w kilku wysoko rozwiniętych krajach UE, korzystając z różnych źródeł informacji, w tym z Internetu,
- 2) zgromadzić podobne informacje dotyczące Polski,
- 3) zapisać wszystkie dane w zaproponowanej przez siebie tabeli,
- 4) porównać notatki i sformułować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowiska komputerowe z dostępem do Internetu,
- zeszyt ćwiczeń.

## 4.2.4. Sprawdzian postępów

### Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) podać przyczynę podwyższania napięcia podczas przesyłu energii?	£	£
2) przedstawić wartości napięć odpowiadające długości sieci przesyłowej?	£	£
3) podać wartość najwyższego napięcia sieci w Polsce?	£	£
4) wymienić wartości najwyższych napięć?	£	£
5) wymienić wartości napięć wysokich?	£	£
6) wymienić wartości napięć średnich?	£	£
7) wskazać właściciela sieci przesyłowej WN w Polsce?	£	£

## 4.3. Sposoby wytwarzania energii elektrycznej

### 4.3.1. Materiał nauczania

#### Surowce energetyczne

Energia elektryczna, czyli tzw. energia wtórna jest wytwarzana metodami przemysłowymi w elektrowniach w wyniku przetwarzania tzw. energii pierwotnej.

Do pierwotnych źródeł i postaci energii zalicza się:

- **nieodnawialne źródła energii** (paliwa konwencjonalne np. węgiel kamienny, węgiel brunatny, ropa naftowa, gaz ziemny, paliwa rozszczepialne, ogniwa paliwowe, energia biomasy, energia magnetohydrodynamiczna),
- **odnawialne źródła energii**, których zasoby same się odnawiają i dlatego są praktycznie niewyczerpalne (energia wód, energia wiatrów, energia słoneczna, energia geotermiczna, energia pływów morskich, energia fal morskich, energia ciepła oceanu).

W zależności od wykorzystanego surowca elektrownie dzielą się na:

- elektrownie ciepłe (parowe, jądrowe),
- elektrownie wodne,
- elektrownie niekonwencjonalne (wiatrowe, słoneczne, geotermiczne, generatory MHD, maremotoryczne, czyli wykorzystujące energię fal i prądów morskich oraz maretermiczne, czyli wykorzystujące energię ciepłą oceanów).

W zależności od przeznaczenia elektrownie dzielą się na:

- elektrownie zawodowe, przekazujące energię do systemu elektroenergetycznego,
- elektrownie przemysłowe, wytwarzające energię elektryczną dla potrzeb dużych zakładów przemysłowych.

W zależności od czasu pracy elektrowni dzielą się one na:

- elektrownie podstawowe, pracujące w sposób ciągły,
- elektrownie podszczytowe, pracujące w okresach, gdy zapotrzebowanie na energię jest większe niż to, jakie są w stanie zapewnić elektrownie podstawowe,
- elektrownie szczytowe, włączane do pracy w systemie elektroenergetycznym tylko w czasie trwania szczytów obciążenia.

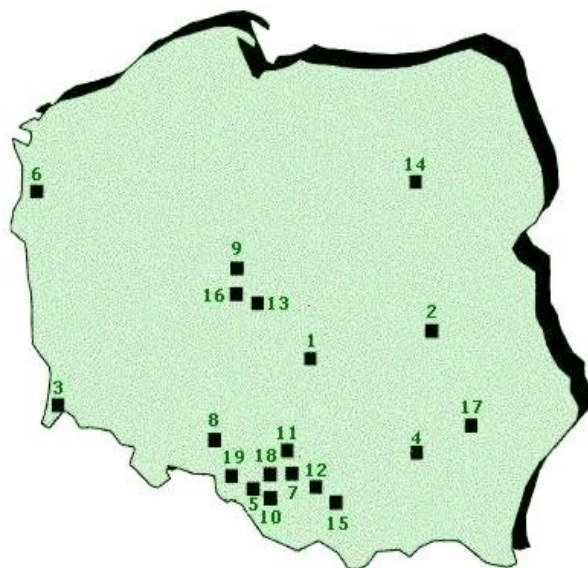
Odmianą elektrowni jest elektrociepłownia, która wytwarza energię ciepłą (co najmniej 10% energii w postaci ciepła) w skojarzeniu z energią elektryczną.

#### Charakterystyka polskiej energetyki

Podstawowymi źródłami energii elektrycznej w Polsce są elektrownie ciepłe opalane węglem kamiennym i brunatnym.

Niewielki procent stanowią elektrownie wodne i elektrownie niekonwencjonalne.

Rozmieszczenie elektrowni ciepłych w Polsce, zgodnie z danymi z 2004 roku przedstawiono na rysunku 2.



**Rys. 2.** Rozmieszczenie elektrowni ciepłych w Polsce: 1 – BOT Elektrownia Bełchatów S.A – 4429 MW, 2 – Elektrownia Koźienice S.A.– 2820 MW, 3 – BOT Elektrownia Turów S.A. – 2088 MW, 4 – Elektrownia Połaniec S.A. – 1800 MW, 5 – Elektrownia Rybnik S.A. – 1775 MW, 6 – Elektrownia Dolna Odra S.A. – 1742 MW, 7 – Elektrownia Jaworzno S.A.– 1635 MW, 8 – BOT Elektrownia Opolo S.A. – 1479 MW, 9 – Elektrownia Pątnów S.A. – 1200 MW, 10 – Elektrownia Łaziska S.A. – 1155 MW, 11 – Elektrownia Łagisza S.A. – 840 MW, 12 – Elektrownia Siersza S.A. – 786 MW, 13 – Elektrownia Adamów S.A. – 600 MW, 14 – Elektrownia Ostrołęka S.A. – 600 MW, 15 – Elektrownia Skawina S.A. – 590 MW, 16 – Elektrownia Konin S.A. – 523 MW, 17 – Elektrownia Stalowa Wola S.A. – 341 MW, 18 – Elektrownia Halemba S.A. – 200 MW, 19 – Elektrownia Blachownia S.A. – 158 MW [[www.elektrownie.com.pl](http://www.elektrownie.com.pl)]

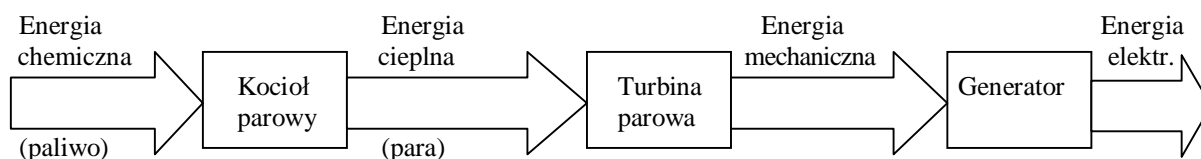
Do wielkości charakteryzujących pracę elektrowni należą:

- moc zainstalowana, czyli suma mocy znamionowych urządzeń wytwórczych,
- moc osiągalna, czyli moc równa mocy zainstalowanej pomniejszonej o trwałe ubytki wynikające na przykład z błędów montażowych lub technologicznych,
- moc netto, czyli moc mierzona na zaciskach generatora pomniejszona o potrzeby własne,
- sprawność mierzona stosunkiem uzyskanej energii elektrycznej do energii wytwarzanej ze źródła pierwotnego.

### Przemiany energetyczne w procesie wytwarzania energii elektrycznej

W elektrowniach konwencjonalnych, czyli ciepłych energia chemiczna paliwa jest przetwarzana w energię ciepłą pary, energia ciepła przetwarzana jest w energię mechaniczną, a ta z kolei – w energię elektryczną .

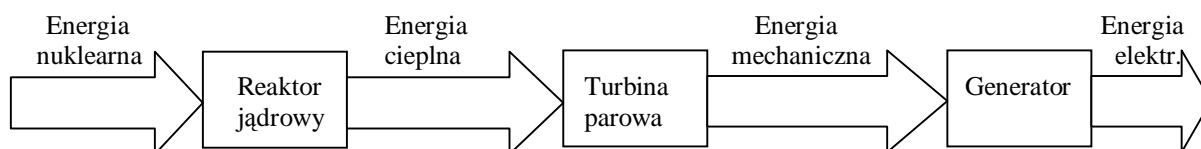
Proces przemiany energii chemicznej paliwa (węgla, ropy naftowej, gazu ziemnego) w efekcie w energię elektryczną przedstawia rysunek 3.



**Rys. 3.** Schemat przemian energetycznych w elektrowni parowej

W elektrowniach jądrowych energia cieplna wytwarzana jest w wyniku reakcji rozszczepiania jąder atomowych. Energia cieplna zostaje przetworzona w energię mechaniczną, a następnie – w energię elektryczną.

Proces przemiany energii cieplnej w elektrowni jądrowej w efekcie w energię elektryczną przedstawia rysunek 4.



Rys. 4. Schemat przemian energetycznych w elektrowni jądrowej

W większości elektrowni w końcowym etapie przemian energetycznych w procesie wytwarzania energii elektrycznej energia mechaniczna jest przetwarzana na energię elektryczną. W zależności od typu elektrowni będą istniały różnice tylko we wcześniejszych etapach przemian i rozwiązaniach technicznych.

Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że we wszystkich przypadkach przemianom energetycznym towarzyszą straty energii (energia elektryczna otrzymana na zaciskach generatorów jest mniejsza od energii dostarczonej do układu). Skalę tych strat obrazuje sprawność elektrowni.

W zależności od typu elektrownie mają różną sprawność, na przykład sprawność elektrowni wykorzystujących węgiel kamienny jest rzędu 37%, węgiel brunatny – 30%, ropę naftową – 40%, gaz ziemny – 50%.

### 4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co to jest elektrownia?
2. Które źródła energii zalicza się do źródeł nieodnawialnych?
3. Czym charakteryzują się źródła odnawialne?
4. Które źródła energii zalicza się do źródeł odnawialnych?
5. Jak można sklasyfikować elektrownie ze względu na rodzaj wykorzystanego surowca?
6. Jak można podzielić elektrownie ze względu na przeznaczenie?
7. Czym różnią się elektrownie podstawowe od podszczytowych i szczytowych?
8. Czym różni się elektrownia od elektrociepłowni?
9. Jaki rodzaj elektrowni dominuje w Polsce?
10. Jaka jest największa elektrownia w Polsce?
11. Co to jest moc osiągalna elektrowni?
12. Co to jest moc zainstalowana?
13. Co to jest sprawność elektrowni?

### 4.3.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Scharakteryzuj następujące źródła energii pierwotnej w Polsce:

- węgiel kamienny,
- węgiel brunatny,



- ropa naftowa,
- gaz ziemny,
- energia wodna.

Uwzględnij w rozważaniach zasoby tych surowców, ich wartość energetyczną, zużycie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wyszukać dane dotyczące zasobów, zużycia, wartości energetycznej wybranych źródeł energii pierwotnej w Polsce, korzystając z różnych źródeł informacji,
- 2) zaprojektować odpowiednią tabelę i umieścić w niej zebrane informacje,
- 3) porównać zgromadzone dane i sformułować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- roczniki statystyczne,
- wydruki zawierające wykresy, tabele, zestawienia statystyczne,
- literatura,
- zeszyt ćwiczeń.

## **Ćwiczenie 2**

Porównaj sytuację elektroenergetyczną Polski i kilku wiodących krajów Unii Europejskiej uwzględniając:

- zasoby własne paliw,
- zapotrzebowanie na energię elektryczną,
- wielkość rocznej produkcji energii elektrycznej,
- roczne zużycie energii elektrycznej na 1 mieszkańca,
- koszty produkcji energii elektrycznej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wyszukać dane dotyczące wymienionych parametrów pozwalających scharakteryzować sytuację elektroenergetyczną Polski i wybranych krajów Unii Europejskiej korzystając z różnych źródeł informacji,
- 2) otrzymane dane przedstawić w zaprojektowanej przez siebie tabeli,
- 3) porównać je i sformułować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- roczniki statystyczne,
- literatura,
- zeszyt.

## **Ćwiczenie 3**

Porównaj sytuację elektroenergetyczną Polski i wybranych potentatów światowych w zakresie zainstalowanej mocy oraz udziału poszczególnych rodzajów elektrowni w produkcji energii elektrycznej.

## Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wyszukać dane dotyczące wymienionych parametrów pozwalających scharakteryzować sytuację elektroenergetyczną Polski i wybranych krajów Unii Europejskiej korzystając z różnych źródeł informacji,
- 2) otrzymane dane przedstawić w zaprojektowanej przez siebie tabeli,
- 3) porównać je i sformułować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- roczniki statystyczne,
- literatura,
- zeszyt.

### 4.3.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) określić co to jest elektrownia?	£	£
2) określić co to jest elektrociepłownia?	£	£
3) wymienić odnawialne źródła energii?	£	£
4) wymienić nieodnawialne źródła energii?	£	£
5) dokonać klasyfikacji elektrowni ze względu na rodzaj wykorzystanego surowca?	£	£
6) porównać elektrownię zawodową z elektrownią przemysłową?	£	£
7) wskazać rodzaj elektrowni dominujących w Polsce?	£	£
8) wskazać największą elektrownię w Polsce?	£	£
9) podać wielkości charakteryzujące pracę elektrowni?	£	£
10) zdefiniować pojęcie: moc zainstalowana?	£	£
11) zdefiniować pojęcie: sprawność elektrowni?	£	£
12) skorzystać z różnych źródeł informacji w celu odnalezienia danych dotyczących stanu elektroenergetyki w wybranym kraju?	£	£

## 4.4. Elektrownie ciepłne

### 4.4.1. Materiał nauczania

#### Przebieg procesu technologicznego w elektrowni parowej

W elektrowni ciepłnej w wyniku spalania paliwa organicznego lub paliwa jądrowego powstaje energia ciepła przekazywana czynnikowi roboczemu; w wyniku przemian energetycznych powstaje w efekcie energia elektryczna.

Przykładem elektrowni ciepłnej jest elektrownia parowa. Jako paliwo może być tu wykorzystywany: węgiel kamienny, węgiel brunatny, torf, ropa naftowa, gaz ziemny. W Polsce stosowany jest przede wszystkim węgiel kamienny i brunatny.

W elektrowni węgiel przechowywany jest w specjalnych składach węglowych (podręcznych i zapasowych). Układany jest w pryzmy i ubijany za pomocą ciężkiego sprzętu w celu zapobiegania jego utlenianiu, co mogłoby stać się przyczyną wzrostu temperatury i samozapalenia węgla.

Do transportu węgla wykorzystuje się kolej lub drogę wodną.

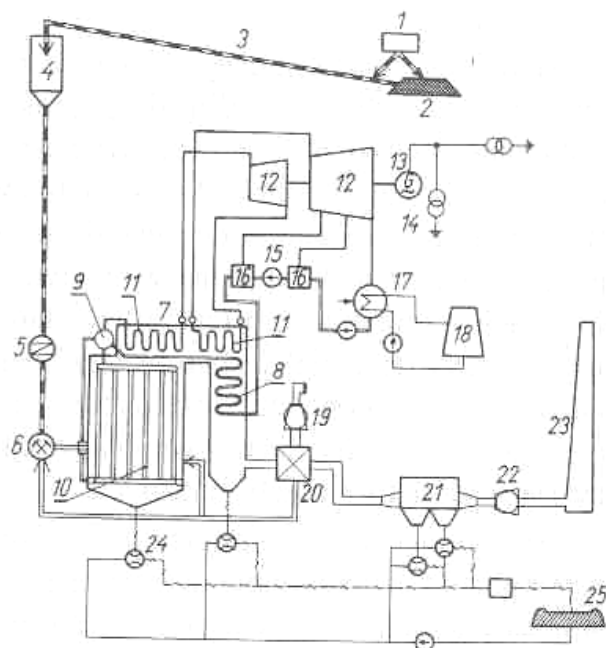
Węgiel kamienny ma zdecydowanie większą wydajność niż węgiel brunatny (3-krotnie). Z tego powodu, w celu ograniczenia kosztów transportu, elektrownie wykorzystujące węgiel brunatny budowane są w najbliższym sąsiedztwie kopalni np. Elektrownia Bełchatów.

Węgiel ze składowiska jest transportowany taśmociągami do zasobników nadkotłowych, a stamtąd poprzez młyny węglowe (by uzyskać odpowiedni granulację węgla) – do komory paleniskowej kotła, gdzie zostaje spalony jako mieszanka paliwowo-powietrzna. Wytworzone w wyniku spalania ciepło powoduje podgrzanie doprowadzonego również do kotła czynnika roboczego – 3wwewąq wody, odparowanie jej, a następnie kilkustopniowe przegrzewanie pary. W wyniku tego procesu para wychodząca z kotła jest parą wysokoprężną o temperaturze ok. 550° C i ciśnieniu ok. 170 atm. Para ta kierowana jest do turbiny, gdzie rozpręża się na kolejnych stopniach rozprężania zamieniając swoją energię ciepłą w energię kinetyczną – następuje przemiana energii ciepłnej na mechaniczną. Wprowadzona w ruch turbina napędza generator synchroniczny, na zaciskach którego wytwarza się napięcie – następuje przemiana energii mechanicznej na energię elektryczną.

W procesie wytwarzania energii elektrycznej wyróżnia się następujące układy technologiczne:

- układ nawęglania (doprowadzenie węgla do zasobników nadkotłowych),
- układ paliwo – powietrze – spaliny (doprowadzenie węgla i powietrza do komory paleniskowej kotła oraz odprowadzenie spalin przez komin),
- układ odpopielania (usuwanie żużla i popiołu wydzielających się podczas spalania węgla)
- układ ciepłny (obieg wody i pary wodnej),
- układ chłodzenia,
- układ elektryczny.

Proces wytwarzania energii elektrycznej w elektrowni parowej z uwzględnieniem wymienionych układów technologicznych przedstawiono na rysunku 5.



**Rys. 5.** Proces wytwarzania energii elektrycznej w elektrowni parowej: 1 – zwałowarka, 2 – składowisko węgla, 3 – przenośnik, 4 – zbiornik nadkotłowy, 5 – podajnik węgla, 6 – młyn węglowy, 7 – kocioł, 8 – podgrzewacz wody, 9 – walczak, 10 – ekrany parownika, 11 – przegrzewacz pary, 12 – turbina, 13 – generator, 14 – rozdzielnia potrzeb własnych, 15 – pompa wody zasilającej, 16 – podgrzewacz regeneracyjny, 17 – skraplacz, 18 – chłodnia kominowa, 19 – wentylator podmuchu, 20 – podgrzewacz powietrza, 21 – elektrofiltr, 22 – wentylator spalin, 23 – komin, 24 – urządzenie odpielające, 25 – składowisko popiołu [4, s. 363]

W Polsce napięcie znamionowe na zaciskach generatorów wynosi: 6,3; 10,5; 15,75 kV. Wartość napięcia jest ograniczona wytrzymałością izolacji.

Ze względu na ograniczoną wartość napięcia z generatora uzyskuje się bardzo duże prądy. Aby zmniejszyć straty wynikające z tego powodu należy maksymalnie ograniczyć odległość generatora od transformatora podwyższającego napięcie do 20 m.

Zużyta energetycznie w procesie przemiany rozprężona para wodna zostaje skierowana do skraplacza, gdzie skrapla się i zostaje z powrotem przepompowana do kotła. Obieg czynnika roboczego (woda i para wodna) jest więc obiegiem zamkniętym.

Woda chłodząca skraplacz jest chłodzona w układzie otwartym (na wielkich powierzchniach ujęć wodnych) lub w układzie zamkniętym (chłodzenie kominowe).

Chłodnie kominowe, czyli wysokie wieże wytwarzające wewnątrz silny ciąg powietrza, posiadają zraszalnik, z którego gorąca woda spada w dół wąskim strumieniem chłodząc się w strumieniu powietrza.

Chłodnie kominowe przedstawia rysunek 6.



Rys. 6. Chłodnie kominowe[[www.elektrownie.com.pl](http://www.elektrownie.com.pl)]

### **Wpływ elektrowni węglowej (parowej) na środowisko naturalne**

Elektrownie ciepłownicze węglowe są zakładami energetycznymi najbardziej uciążliwymi dla środowiska, przy czym najbardziej szkodliwe są produkty spalania: żużel, popiół lotny, a także emitowane do atmosfery tlenki węgla, siarki i azotu. Pyły zawierają metale ciężkie (ołów, cynk, kadm) i są bardzo szkodliwe dla żywych organizmów. Tlenki azotu i siarki oprócz tego, że są trujące, wywołują kwaśne deszcze niszczące życie w akwenach, powodujące dewastację olbrzymich obszarów lasów, korozję metali i niszczenie budynków. Dwutlenek węgla z kolei wywołuje tzw. efekt cieplarniany, co ma ogromny wpływ na zmiany klimatyczne na Ziemi.

Spustoszenie w środowisku powodują również kopalnie odkrywkowe węgla brunatnego.

### **Sposoby ograniczania negatywnego wpływu elektrowni węglowych na środowisko:**

- zastąpienie węgla ekologicznie czystym gazem ziemnym lub mazutem,
- stosowanie nowoczesnych technologii spalania (kotły z cyrkulacyjnym paleniskiem fluidalnym),
- stosowanie odpylaczy mechanicznych i elektrofiltrów, czyli urządzeń odpylających i pochłaniających,
- stosowanie różnych metod odsiarczania spalin (suchej, wapniakowej mokrej, regeneracyjnej i lotnego amoniaku),
- odpowiednie zagospodarowanie odpadów w postaci żużla i popiołu (do utwardzania dróg, do wytwarzania materiałów budowlanych, do wypełniania wyrobisk kopalnianych).

### **Elektrownie jądrowe**

W elektrowniach jądrowych wykorzystuje się energię cieplną wytworzoną w wyniku rozszczepienia jąder pierwiastków o dużej liczbie atomowej, głównie uranu 235 lub uranu 233. Paliwo wykonane jest w postaci pastylek (o średnicy 10 mm) osłoniętych koszulką ze stopu cyrkonu i umieszczonych w prętach o długości 2,5÷3,5 m.

Proces wyzwala energii jest procesem kontrolowanym, zachodzącym w reaktorze jądrowym. Aby zachodził w sposób prawidłowy, energia neutronów (wyzwolonych w wyniku rozpadu izotopu uranu) musi być zmniejszona – rolę spowalniacza odgrywa moderator, wykonany z materiału o małej masie atomowej, na przykład wody zwykłej, wody ciężkiej lub

grafitu. Aby reakcja rozszczepienia była w pełni kontrolowana, stosuje się materiały silnie pochłaniające neutrony w postaci kadmowych prętów regulacyjnych.

### Rodzaje reaktorów jądrowych:

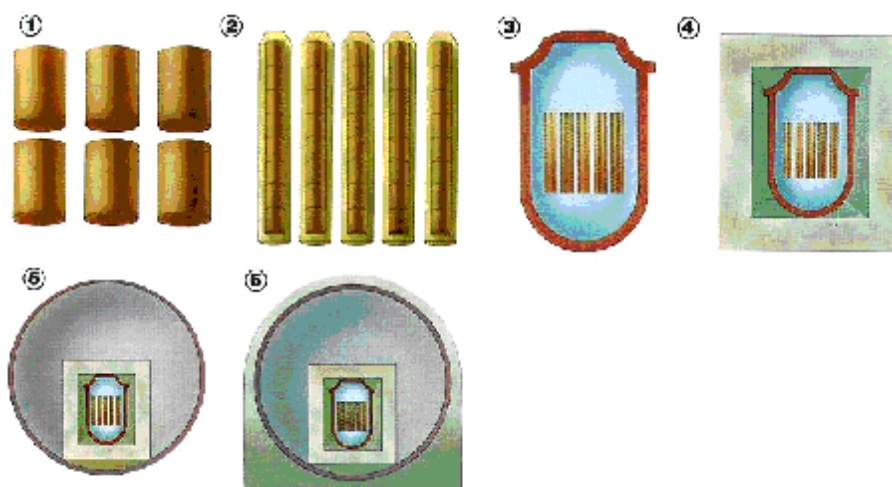
- reaktor wodno-ciśnieniowy,
- reaktor wodny wrzący,
- reaktor grafitowy – stosowany dawniej.

W reaktorze wodno-ciśnieniowym rdzeń reaktora umieszczony jest w zbiorniku ciśnieniowym, zaś woda pełni rolę chłodziwa i moderatora. Woda stykająca się z rdzeniem reaktora krąży w obiegu pierwotnym i w odpowiedniej wytwornicy pary ogrzewa wodę obiegu wtórnego. Woda obiegu wtórnego wrze a wytworzona para nasycona napędza turbinę i generator.

W reaktorze wodnym wrzącym występuje tylko jeden obieg wody. Woda jest podgrzewana w reaktorze, a następnie odparowywana. Parę nasyconą, o ciśnieniu rzędu 7 MPa napędzającą turbinę otrzymuje się w górnej części zbiornika reaktora.

Źródłem zagrożenia w elektrowniach jądrowych są promieniotwórcze produkty rozszczepienia powstające w prętach paliwowych w rdzeniu reaktora. W przypadku, gdyby wydostały się na zewnątrz do środowiska naturalnego na przykład w przypadku awarii reaktora, stałyby się zagrożeniem dla zdrowia i życia.

W celu zabezpieczenia przed niekontrolowanym wydostaniem się na zewnątrz materiałów promieniotwórczych, w elektrowniach jądrowych stworzono sześć barier bezpieczeństwa, które przedstawia rysunek 7.



Rys. 7. Bariery bezpieczeństwa w elektrowni jądrowej 1 – pastylki paliwowe, 2 – koszulki, 3 – zbiornik ciśnieniowy reaktora, 4 – osłona betonowa, 5 – pojemnik zabezpieczający, 6 – osłona żelbetowa [www.atomowe.kei.pl]

Stworzenie barier bezpieczeństwa polega na tym, że:

- produkty rozpadu powstają we wnętrzu pastylek paliwowych wykonanych z dwutlenku uranu,
- szczelnie zamknięte koszulki prętów paliwowych nie przepuszczają żadnego materiału,
- trzecią barierę stanowi zbiornik ciśnieniowy reaktora,
- pomieszczenia zawierające źródła zagrożeń są otoczone grubymi ścianami betonowymi o grubości rzędu 1,5÷3 m,
- wszystkie wymienione wyżej urządzenia otacza zbiornik zabezpieczający ze stali,
- ostatnią barierę stanowi osłona betonowa o grubości co najmniej 1 m.

Powyższe bariery są gwarancją bezpieczeństwa zarówno w warunkach pracy normalnej, jak i pracy awaryjnej reaktora.

### **Wpływ elektrowni jądrowych na środowisko**

Mimo zastosowania wszelkich środków ostrożności z elektrowni jądrowych do atmosfery i wody przedostaje się pewna ilość materiałów promieniotwórczych. Są to jednak znikome ilości, nieszkodliwe dla zdrowia i życia człowieka.

Wpływ elektrowni jądrowych na środowisko naturalne jest zdecydowanie mniejszy niż wpływ innych elektrowni konwencjonalnych tej samej mocy. Elektrownia jądrowa wprowadza do środowiska mniejsze ilości substancji radioaktywnych niż elektrownia węglowa i dodatkowo nie produkuje popiołów ani pyłów oraz nie emituje do atmosfery szkodliwych gazów spalinowych, dwutlenku siarki, tlenków azotu i innych zanieczyszczeń. Największym problemem jest składowanie odpadów promieniotwórczych, które mogą powodować zagrożenie dla środowiska, głównie ze względu na ich trwałość i niemożność zneutralizowania.

Z uwagi na fakt, że odpady promieniotwórcze można jeszcze ponownie wykorzystać, stwarza się możliwość ich długotrwałego przejściowego składowania. Cały proces postępowania z odpadami promieniotwórczymi można podzielić na następujące etapy:

- umieszczenie zużytych elementów paliwowych w zbiornikach z wodą na okres 1 roku,
- przewiezienie tych elementów po upływie roku do centralnego składowiska przejściowego na okres 10 lat,
- przeróbka prętów paliwowych w celu odzyskania paliwa jądrowego nadającego się do wykorzystania do produkcji nowych elementów paliwowych,
- oddzielenie odpadów radioaktywnych właściwych – poddanie ich procesowi zeszkliwienia i umieszczenie w grubościennych beczkach ze stali nierdzewnej,
- złożenie zacementowanych beczek w tzw. mogiłnikach, czyli w zacopowanych otworach wiertniczych w podziemnych pokładach solnych, na głębokości 1000 m, co stanowi składowisko ostateczne.

Składowisko ostateczne mogą również stanowić nieczynne kopalnie rud żelaza, co praktykuje się w Niemczech.

### **4.4.2. Pytania sprawdzające**

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie urządzenia można wyróżnić w procesie wytwarzania energii elektrycznej?
2. Jakie funkcje pełnią te urządzenia?
3. Jakie są kolejne etapy procesu wytwarzania energii elektrycznej w elektrowni parowej?
4. Jakie parametry posiada para wysokoprężna wychodząca z kotła?
5. Jakie są produkty spalania węgla i jak są usuwane?
6. Jaki jest wpływ elektrowni węglowej na środowisko?
7. Jakie są sposoby ograniczania negatywnego wpływu elektrowni węglowej na środowisko?
8. Jakie układy technologiczne występują w elektrowni parowej?
9. Jaka rolę pełnią pręty regulacyjne w elektrowni jądrowej?
10. Jakie bariery bezpieczeństwa stosuje się w elektrowniach jądrowych?
11. Jaki jest wpływ elektrowni jądrowych na środowisko?
12. Jak postępuje się z odpadami promieniotwórczymi?

### 4.4.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Porównaj emisję zanieczyszczeń powietrza spowodowanych pracą wybranych elektrowni węglowych w Polsce.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) sporządzić tabelkę, w której umieści dane liczbowe dotyczące emisji zanieczyszczeń powietrza spowodowanych pracą wybranych elektrowni węglowych,
- 2) wskazać udział szkodliwych produktów np. dwutlenku siarki, dwutlenku węgla, tlenków azotu, metanu w procesie zanieczyszczania powietrza,
- 3) sformułować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- roczniki statystyczne,
- czasopisma techniczne,
- literatura,
- zeszyt ćwiczeń.

#### Ćwiczenie 2

Porównaj udział elektrowni jądrowych w produkcji energii elektrycznej w wybranych krajach Unii Europejskiej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) sporządzić tabelkę, w której umieści dane dotyczące procentowego udziału energii jądrowej w produkcji energii elektrycznej, liczby reaktorów oraz stopnia zanieczyszczenia środowiska w wybranych krajach na świecie,
- 2) sformułować wnioski dotyczące związku stopnia zanieczyszczenia środowiska z rozwojem energetyki jądrowej w tych krajach.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- roczniki statystyczne,
- czasopisma techniczne,
- literatura,
- zeszyt ćwiczeń.



#### 4.4.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) wymienić układy technologiczne w elektrowni parowej?	£	£
2) omówić kolejne etapy procesu wytwarzania energii elektrycznej w elektrowni węglowej?	£	£
3) podać parametry pary wysokoprężnej?	£	£
4) opisać wpływ elektrowni węglowych na środowisko?	£	£
5) wymienić rodzaje reaktorów stosowanych w energetyce jądrowej?	£	£
6) wymienić wszystkie bariery bezpieczeństwa stosowane w elektrowniach jądrowych?	£	£
7) opisać wpływ elektrowni jądrowych na środowisko?	£	£
8) wymienić kraje, w których dominuje energetyka jądrowa?	£	£
9) skorzystać z różnych źródeł informacji w celu odnalezienia danych dotyczących sposobów wytwarzania energii elektrycznej?	£	£
10) omówić sposób postępowania z odpadami promieniotwórczymi?	£	£

## 4.5. Elektrownie wodne

### 4.5.1. Materiał nauczania

Elektrownia wodna jest zakładem przemysłowym zamieniającym energię spadku wody na energię elektryczną.

W elektrowniach wodnych energia potencjalna wody w górnym biegu zamieniana jest na energię kinetyczną wody spływającej w dół, napędzając turbinę wodną. Energia mechaniczna turbiny jest zamieniana w generatorze na energię elektryczną.

Ze względu na sposób wytworzenia przepływu wody elektrownie wodne dzielą się na:

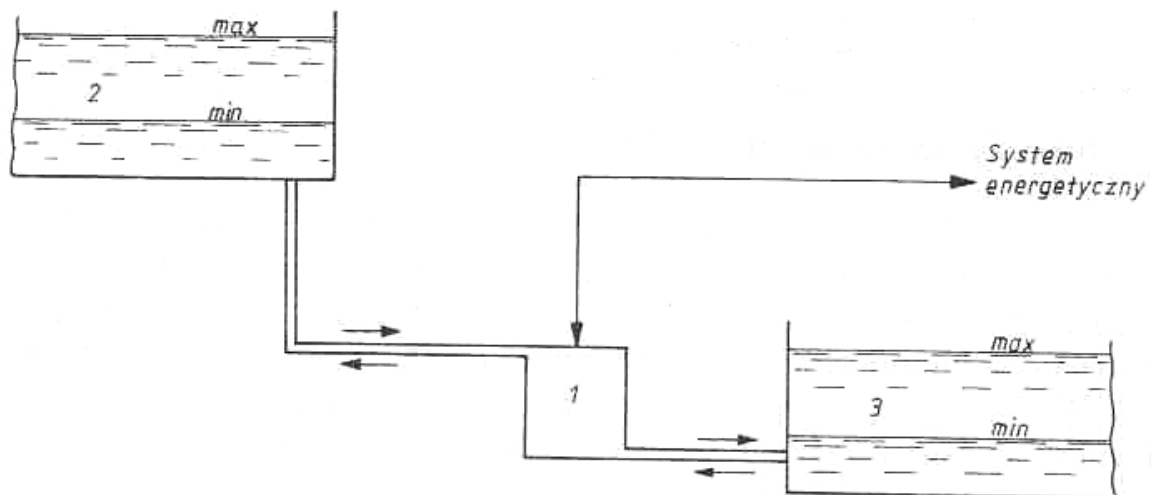
- elektrownie przepływowe, wykorzystujące naturalne spady wód i nie posiadające zbiorników, więc nie mające możliwości regulowania przepływu,
- elektrownie zbiornikowe, mające możliwość kumulowania energii wodnej, a więc niezależne od chwilowego dopływu wody.

Ze względu na rodzaj współpracy z systemem elektroenergetycznym elektrownie wodne dzielą się na:

- podstawowe, pracujące w czasie doby w sposób ciągły,
- podszczytowe, pracujące z przerwami w okresach doliny nocnej lub popołudniowej,
- szczytowe, pracujące w okresach maksymalnego zapotrzebowania na energię elektryczną,
- szczytowo-pompowe, magazynujące energię (w okresie największego zapotrzebowania dostarczają energię elektryczną, zaś w okresie dolin – pobierają ją).

Ważną rolę w hydroenergetyce odgrywają elektrownie szczytowo-pompowe.

Elektrownia szczytowo-pompowa znajduje się pomiędzy dwoma zbiornikami wodnymi – górnym i dolnym, co przedstawia rysunek 8.



**Rys. 8.** Schemat elektrowni szczytowo-pompowej: 1 – elektrownia, 2 – zbiornik górny, 3 – zbiornik dolny [4, s. 375]

Zadaniem elektrowni szczytowo-pompowej jest gromadzenie i magazynowanie energii w okresie jej nadwyżki i oddawanie energii do systemu elektroenergetycznego w okresie obciążenia szczytowego.

W czasie doliny obciążenia systemu elektroenergetycznego, czyli nocą, woda przepompowywana jest ze zbiornika dolnego do górnego – trwa to około 6 godzin. W zbiorniku górnym zostaje ona zmagazynowana w postaci energii potencjalnej wody.

W godzinach szczytowego poboru mocy woda kierowana jest rurami ze zbiornika górnego do dolnego, gdzie napędza turbinę połączoną z generatorem – następuje zamiana energii potencjalnej w energię kinetyczną i w efekcie – w energię elektryczną. W elektrowni szczytowo-pompowej stosowane są maszyny odwracalne: pompoturbina i silnik – generator.

W Polsce największe zasoby hydroenergetyczne Polski przypadają na:

- Wisłę (ponad 45 %),
- dorzecza Wisły i Odry (ponad 43 %),
- Odrę (prawie 10 %)
- rzeki Pomorza (niecałe 2 %).

Hydroenergetyka zapewnia:

- oszczędność paliw,
- produkcję ekologicznie czystej energii, dzięki brakowi zanieczyszczeń środowiska naturalnego,
- zabezpiecza przed erozją gleb i splywem najwartościowszych cząstek gleby.

Zbiorniki wodne można także wykorzystać do rozwoju gospodarki rybnej, turystyki i rekreacji, a także do zapobiegania powodziom.

#### 4.5.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie przemiany energetyczne zachodzą w elektrowni wodnej?
2. Jak się dzielą elektrownie wodne z punktu widzenia sposobu wytwarzania przepływu wody?
3. Jak można podzielić elektrownie wodne ze względu na współpracę z systemem elektroenergetycznym?
4. Czym charakteryzują się elektrownie szczytowo-pompowe?
5. Na czym polega cykliczność pracy elektrowni szczytowo-pompowych?
6. Co to znaczy, że w elektrowni szczytowo-pompowej stosuje się maszyny odwracalne?
7. Gdzie w Polsce występują największe zasoby hydroenergetyczne?
8. Jakie zalety ma zastosowanie energii wodnej do produkcji energii elektrycznej?

#### 4.5.3. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Porównaj udział elektrowni wodnych w produkcji energii elektrycznej w Polsce i w wybranych krajach świata.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) sporządzić tabelkę, w której umieści dane dotyczące wykorzystania zasobów hydroenergetycznych w Polsce i na świecie, uwzględniając procentowy udział hydroenergetyki w produkcji energii elektrycznej,
- 2) porównać uzyskane dane,
- 3) wskazać kraje wiodące w produkcji energii elektrycznej z energii spadku wód i uzasadnić, jakie czynniki mają wpływ na taką właśnie sytuację.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- rocznik statystyczny,
- atlas geograficzny Polski i świata,
- literatura,
- zeszyt ćwiczeń.

## Ćwiczenie 2

Dokonaj przeglądu elektrowni wodnych w Polsce i na świecie pod kątem typu elektrowni wodnych oraz mocy zainstalowanej w poszczególnych zakładach.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) sporządzić tabelkę, w której umieści dane dotyczące rodzaju elektrowni i odpowiadającej jej mocy zainstalowanej w Polsce i w wybranych krajach na świecie,
- 2) dokonać analizy zamieszczonych danych,
- 3) sformułować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- atlas geograficzny świata,
- zeszyt ćwiczeń.

### 4.5.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) wymienić rodzaje elektrowni wodnych uwzględniając sposób wytwarzania przepływu wody?	£	£
2) wymienić rodzaje elektrowni wodnych uwzględniając współpracę z systemem elektroenergetycznym?	£	£
3) omówić działanie elektrowni szczytowo-pompowej?	£	£
4) wymienić największe elektrownie wodne w Polsce?	£	£
5) uzasadnić usytuowanie elektrowni wodnych w kraju i na świecie?	£	£
6) wymienić zalety hydroenergetyki?	£	£

## 4.6. Niekonwencjonalne źródła energii elektrycznej

### 4.6.1. Materiał nauczania

Niekonwencjonalne źródła odgrywają coraz większą rolę w produkcji światowej energii elektrycznej, przy czym szczególne znaczenie należy przypisać źródłom odnawialnym. Pozostaje to w ścisłym związku ze stale rosnącym obciążeniem środowiska, wzrostem zaludnienia świata, a tym samym zwiększającym się zapotrzebowaniem na energię elektryczną, perspektywami poważnych niedoborów energii przy jednoczesnym zmniejszaniu się zasobów paliw kopalnych i przy braku ujemnego wpływu na środowisko naturalne niekonwencjonalnych źródeł energii.

Niekonwencjonalne źródła energii wykorzystują energię wiatru, słońca, energię geotermiczną, energię biopaliw, energię fal morskich.

#### Energia wiatru

Elektrownie wiatrowe budowane są w rejonach nadmorskich i podgórskich, a więc w miejscach ciągłego występowania wiatrów o odpowiednio dużej prędkości osiągającej co najmniej 6 m/s.

Najwięcej elektrowni wiatrowych budują Niemcy i Dania, a moc największej nie przekracza kilku MW (megawatów).

Elektrownia wiatrowa składa się z:

- silnika wiatrowego wyposażonego w wirnik z łopatkami,
- prądnicy elektrycznej – bocznikowej prądu stałego lub synchronicznej napędzanej przez wirnik silnika wiatrowego,
- steru kierunkowego, czyli urządzenia do sterowania i regulacji.

Silniki wiatrowe dzielą się na:

- silniki wolnobieżne, posiadające dużą liczbę łopatek i charakteryzujące się możliwością pracy przy słabym wietrze,
- silniki szybkobieżne, posiadające małą liczbę łopatek i wymagające dużych prędkości wiatru.

#### Cechy elektrowni wiatrowych

Zalety elektrowni wiatrowych	Wady elektrowni wiatrowych
<ul style="list-style-type: none"><li>– czysta ekologicznie energia elektryczna.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– wysokie koszty,</li><li>– emisja hałasu (szum),</li><li>– ujemny wpływ na ptactwo (między innymi zachwianie szlaku ptaków),</li><li>– zapotrzebowanie na wielkie powierzchnie o małej gęstości zaludnienia,</li><li>– naruszenie walorów krajobrazowych środowiska.</li></ul>

#### Energia słoneczna

Wykorzystanie energii słonecznej do produkcji energii elektrycznej jest w pełni uzasadnione, ponieważ Słońce jest największym i niewyczerpywalnym źródłem, które dzięki reakcjom termojądrowym emituje olbrzymie ilości energii.

Istnieją dwie podstawowe metody przetwarzania energii słonecznej:

- metoda fotowoltaiczna – helioelektryczna, polegająca na bezpośredniej przemianie promieniowania fotonowego, czyli energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną za pomocą ogniw fotoelektrycznych, czyli specjalnych przyrządów półprzewodnikowych wykonanych z krzemu, arsenku galu lub siarczany kadmu,
- metoda fototermoelektryczna – heliologiczna, polegająca na przemianie promieniowania słonecznego w ciepło doprowadzane do turbiny napędzającej generator.

W metodzie fotowoltaicznej ogniwa przemieniają w energię elektryczną nie tylko promieniowanie bezpośrednie, ale także promieniowanie rozproszone (na przykład przy zachmurzonym niebie).

W praktyce budowane są kolektory w postaci baterii słonecznych stanowiących zestaw ogniw fotowoltaicznych.

Zalety instalacji fotowoltaicznych:

- brak paliwa, a więc wyeliminowanie kosztów transportu i magazynowania paliwa,
- możliwość lokalizacji na suchych obszarach, z dala od rzek (brak chłodzenia),
- możliwość stosowania nawet przy zachmurzonym niebie (przekształcanie również rozproszonego promieniowania słonecznego),
- stała wydajność (nie maleje z upływem czasu),
- duża żywotność (20÷30 lat),
- nie wymagają części zamiennych ani konserwacji.

W metodzie heliologicznej duża liczba zwierciadeł zwanych heliostatami skupia światło słoneczne na odbiorniku ciepła ogrzewając krążący w nim czynnik roboczy (woda, sól, lit). Moce największych elektrowni słonecznych nie przekraczają 20 MW.

### **Energia geotermiczna**

Energia geotermiczna jest to energia cieplna zawarta w powierzchniowej warstwie skorupy ziemskiej, której źródłem są przemiany radioaktywne, reakcje chemiczne i inne procesy zachodzące we wnętrzu Ziemi.

Energia geotermalna zgromadzona jest w:

- tzw. gorących suchych skałach,
- parach wodnych i gorących wodach wypełniających porowate skały.

Erupcje pary wodnej lub gorącej wody z wnętrza Ziemi (tzw. gejzery) wykorzystuje się do napędu turbin parowych.

### **Cechy elektrowni geotermicznych**

Zalety elektrowni geotermicznych	Wady elektrowni geotermicznych
<ul style="list-style-type: none"> <li>– brak zanieczyszczenia środowiska naturalnego,</li> <li>– niskie koszty eksploatacji.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– wysokie koszty początkowe (instalacyjne),</li> <li>– ograniczony zasięg do miejsc występowania zasobów energii geotermalnej.</li> </ul>

Energię geotermalną na szeroką skalę wykorzystuje się przede wszystkim w Islandii, zaś w Polsce – między innymi na obszarze Podhala.

Moce elektrowni geotermicznych dochodzą nawet do kilku tysięcy MW – największa w USA ma moc rzędu 2000 MW.

## **Energia biopaliw**

Elektrownie pracujące przy wykorzystaniu biomasy do produkcji energii elektrycznej przynoszą wiele korzyści, gdyż między innymi pozwalają na:

- znaczne obniżenie kosztów produkcji energii elektrycznej,
- radykalne zmniejszenie zanieczyszczeń środowiska,
- efektywne zagospodarowanie bioodpadów bez konieczności ich utylizacji.

Biopaliwa dzielą się na:

- stałe (drewno i odpady drzewne, słoma, ziarna zbóż, rzepaku, słoma specjalnych roślin energetycznych, osady ściekowe, makulatura, inne odpady roślinne),
- płynne (alkohol metylowy i etylowy dodawany do paliw tradycyjnych),
- biogaz (powstaje w wyniku fermentacji beztlenowej biomasy z odpadów zwierzęcych, osadu ściekowego na oczyszczalniach ścieków, odpadów organicznych na komunalnych wysypiskach śmieci – jego głównym składnikiem jest metan – 40÷60 %).

Pod względem energetycznym 2 tony biomasy równoważne są 1 t węгля kamiennego. Na świecie energię biomasy do celów energetycznych wykorzystuje się głównie w Kanadzie, USA, Austrii, zaś w Polsce biomasa wykorzystywana w przemyśle energetycznym pochodzi głównie z rolnictwa i leśnictwa a jej źródłem jako źródła energii odnawialnej są: słoma i odpady drzewne.

## **Energia wody morskiej**

Obejmuje ona:

- energię pływów morskich,
- energię fal morskich,
- energię ciepłą oceanu.

Energia pływów morskich wykorzystuje ogromną energię mas wody. Zbudowanie zapory przy ujściu rzeki wpływającej do morza pozwala na wpłynięcie wód morskich w dolinę rzeki podczas przyływu i wypuszczenie ich poprzez turbiny wodne podczas odpływu.

Elektrownie pływowe można spotkać we Francji, w Kanadzie, Chinach.

Wadą tych elektrowni jest:

- zasalanie ujść rzek,
- erozja brzegów rzek (wskutek wahań wody),
- utrudnianie wędrówek ryb w górę rzek.

Energię fal morskich wykorzystuje się w dwojaki sposób:

- do napędzania turbiny wodnej,
- do napędzania turbiny powietrznej.

W przypadku stosowania turbiny wodnej woda morska wpływa zwiężającą się sztolnią do zbiornika górnego (energia kinetyczna fal morskich). Gdy jest w nim wystarczająca ilość wody, przelewa się ona przez upust (energia potencjalna spadu), napędzając turbinę wodną sprzężoną z generatorem (energia elektryczna).

W przypadku stosowania turbiny powietrznej zbiornik zbudowany jest na platformach na brzegu morza. Wlewające się na podstawę platformy fale wypychają powietrze do górnej części zbiornika. Powietrze zostaje sprzężone, napędza turbinę sprzężoną z generatorem. Elektrownie wykorzystujące energię fal morskich budowane są na wybrzeżach Norwegii i Szkocji. Ich moce osiągają wartość od kilkuset kW do kilku MW.

Energia ciepła oceanu wykorzystywana jest w elektrowni maretermicznej, umieszczonej na platformie pływającej. Do przemiany energii cieplnej wykorzystuje różnicę temperatury wody na powierzchni rzędu ok. 30°C i w głębi oceanu rzędu 7°C na głębokości 300 ÷ 500 m. Moc elektrowni maretermicznych jest rzędu kilku, kilkudziesięciu MW. Budowane są one w Indonezji, Japonii i na Hawajach.

## 4.6.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są elementy składowe elektrowni wiatrowej?
2. Czym charakteryzują się elektrownie wiatrowe?
3. Jak można podzielić silniki wiatrowe?
4. Jakie są metody przetwarzania energii słonecznej?
5. Co to są ogniwa fotowoltaiczne?
6. Co to są heliostaty?
7. Co jest źródłem energii geotermalnej?
8. Co to są gejzery?
9. Jak można podzielić biopaliwa?
10. Czym charakteryzują się elektrownie wykorzystujące energię biomasy?
11. Jakie rodzaje energii wody morskiej wykorzystuje się do produkcji energii elektrycznej?
12. W jaki sposób wykorzystuje się energię pływów morskich?
13. W jaki sposób wykorzystuje się energię fal morskich?
14. W jaki sposób wykorzystuje się energię ciepłą oceanu?

## 4.6.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Porównaj cechy znanych Ci elektrowni niekonwencjonalnych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zgromadzić dane dotyczące wad i zalet poszczególnych rodzajów elektrowni niekonwencjonalnych, ich mocy i sprawności, wykorzystując różne źródła informacji,
- 2) umieścić te informacje w zaproponowanej przez siebie tabeli,
- 3) porównać te dane, dokonać ich analizy i sformułować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- foldery, katalogi,
- literatura,
- zeszyt ćwiczeń.

### Ćwiczenie 2

Porównaj udział elektrowni niekonwencjonalnych w produkcji energii elektrycznej w Polsce i w wybranych krajach świata.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) sporządzić tabelkę, w której umieści dane dotyczące procentowego udziału wybranych elektrowni niekonwencjonalnych w produkcji energii elektrycznej w Polsce i w kilku wybranych krajach, będących potentatami energetycznymi na świecie,
- 2) porównać uzyskane dane,



- 3) przedstawić kraje wiodące w produkcji energii elektrycznej w oparciu o źródła niekonwencjonalne, wskazać najczęściej stosowane rodzaje elektrowni niekonwencjonalnych i uzasadnić, jakie czynniki mają wpływ na taką właśnie sytuację.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- rocznik statystyczny,
- atlas geograficzny Polski i świata,
- literatura,
- zeszyt ćwiczeń.

#### 4.6.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) wymienić niekonwencjonalne źródła energii?	£	£
2) wymienić elementy składowe elektrowni wiatrowej?	£	£
3) wymienić metody przetwarzania energii słonecznej?	£	£
4) podać sposób wykorzystywania w energetyce energii geotermalnej?	£	£
5) dokonać podziału biopaliw?	£	£
6) podać sposoby wykorzystywania energii wody morskiej?	£	£
7) określić wpływ poszczególnych elektrowni na środowisko?	£	£
8) porównać elektrownie niekonwencjonalne pod kątem ich mocy i sprawności?	£	£

## 5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

### INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj uważnie instrukcję – masz na tę czynność 5 minut; jeżeli są wątpliwości zapytaj nauczyciela.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań. Do każdego zadania dołączone są 4 możliwości odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa.
5. Za każdą poprawną odpowiedź otrzymasz 1 punkt, za złą odpowiedź lub jej brak otrzymasz 0 punktów.
6. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi; zaznacz poprawną odpowiedź stawiając w odpowiedniej rubryce znak X.
7. W przypadku pomyłki weź błędną odpowiedź w kółko, a następnie zaznacz odpowiedź prawidłową.
8. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
9. Kiedy udzielenie odpowiedzi na kolejne zadanie będzie Ci sprawiało trudność, odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
10. Na rozwiązanie testu masz 40 minut.
11. Po zakończeniu testu podnieś rękę i zaczekaj, aż nauczyciel odbierze od Ciebie pracę.

Powodzenia !

### ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Zespół wzajemnie ze sobą powiązanych wszystkich urządzeń elektroenergetycznych to
  - a) stacja elektroenergetyczna.
  - b) sieć elektroenergetyczna.
  - c) system elektroenergetyczny.
  - d) elektrownia.
2. Do urządzeń rozdzielczych nie należą
  - a) wyłączniki.
  - b) prostowniki.
  - c) odłączniki.
  - d) rozłączniki.
3. Linie kablowe zalicza się do urządzeń
  - a) rozdzielczych.
  - b) przetwórczych.
  - c) wytwórczych.
  - d) przesyłowych.
4. Urządzeniami odbiorczymi nie są
  - a) silniki.
  - b) grzejniki domowe.
  - c) wyłączniki.
  - d) źródła światła.

5. Sieć przesyłowa to sieć pracująca przy napięciu
  - a)  $U \geq 220$  kV.
  - b)  $U \leq 110$  kV.
  - c)  $U < 60$  kV.
  - d)  $U < 1$  kV.
  
6. Sieć rozdzielcza to sieć pracująca przy napięciu
  - a)  $U \geq 110$  kV.
  - b)  $U \leq 110$  kV.
  - c)  $U \leq 1$  kV.
  - d)  $U > 110$  kV.
  
7. Do odnawialnych źródeł energii elektrycznej nie zalicza się
  - a) energii wód.
  - b) energii słonecznej.
  - c) energii paliw rozszczepialnych.
  - d) energii wiatrów.
  
8. Podstawowymi źródłami energii elektrycznej w Polsce są elektrownie
  - a) wodne.
  - b) węglowe.
  - c) jądrowe.
  - d) wiatrowe.
  
9. Do elektrowni niekonwencjonalnych zalicza się
  - a) elektrownie parowe.
  - b) elektrownie geotermiczne.
  - c) elektrownie jądrowe.
  - d) elektrownie wodne.
  
10. W elektrowni węglowej urządzeniem, w którym następuje zamiana energii cieplnej w energię mechaniczną jest
  - a) turbina parowa,
  - b) młyn węglowy,
  - c) kocioł,
  - d) generator.
  
11. Tlenki azotu i siarki emitowane do atmosfery przez elektrownie węglowe są
  - a) szkodliwe dla ludzi i obojętne dla roślin.
  - b) obojętne dla ludzi a szkodliwe tylko dla roślin.
  - c) przyczyną „kwaśnych deszczów”.
  - d) przyczyną zakłóceń radiowych.
  
12. Elektrownie wodne charakteryzujące się pracą cykliczną to elektrownie
  - a) przepływowe.
  - b) podszczytowe.
  - c) szczytowo-pompowe.
  - d) podstawowe.

13. W Polsce jest zainstalowanych
- 5 elektrowni jądrowych.
  - 2 elektrownie jądrowe.
  - 1 elektrownia jądrowa.
  - 0 elektrowni jądrowych.
14. Elektrownie wiatrowe wpływają negatywnie na środowisko poprzez
- emisję dwutlenku węgla.
  - obniżanie temperatury.
  - emisję związków siarki.
  - emisję hałasu.
15. Wydajność węgla brunatnego jako paliwa w stosunku do węgla kamiennego jest
- 3-krotnie mniejsza.
  - 3-krotnie większa.
  - taka sama.
  - 5-krotnie większa.
16. W turbinie parowej następuje przemiana
- energii chemicznej w cieplną.
  - energii cieplnej w mechaniczną.
  - energii mechanicznej w elektryczną.
  - energii cieplnej w elektryczną.
17. Paliwem w elektrowni parowej nie jest
- ropa naftowa.
  - węgiel.
  - woda.
  - gaz ziemny.
18. Największą elektrownią w Polsce jest
- Elektrownia Połaniec.
  - Elektrownia Bełchatów.
  - Elektrownia Kozienice.
  - Elektrownia Halemba.
19. Napięcie znamionowe na zaciskach generatorów w elektrowni parowej wynosi
- 6 kV.
  - 6,3 kV.
  - 15 kV.
  - 110 kV.
20. Heliostat to rodzaj
- wyłącznika.
  - zwierciadła.
  - turbiny.
  - kotła.

## KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

### Wytwarzanie energii elektrycznej

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
16	a	b	c	d	
17	a	b	c	d	
18	a	b	c	d	
19	a	b	c	d	
20	a	b	c	d	
<b>Razem:</b>					

## 6. LITERATURA

1. Gaszyński L.: O nowych źródłach energii. WSiP, Warszawa 1993
2. Jaczewski M.: 80 lat wytwarzania energii elektrycznej w Polsce. Przegląd Elektrotechniczny 1999, z. 6, s. 154–156
3. Jaczewski M.: Rozwój sektora energii w Polsce w drugiej połowie XX w. Energetyka 2002, z. 2, s. 73–84
4. Koblarski W., Grad J.: Aparaty i urządzenia elektryczne. WSiP, Warszawa 1999
5. Musiał E.: Instalacje i urządzenia elektroenergetyczne. WSiP, Warszawa 2001
6. Ney R.: Surowce mineralne Polski. Surowce energetyczne. Centrum PPGSMiE PAN, Kraków 1999
7. Soliński J.: Sektor energii w Polsce. Polski Komitet WEC, Warszawa 2002